

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005年2月17日 (17.02.2005)

PCT

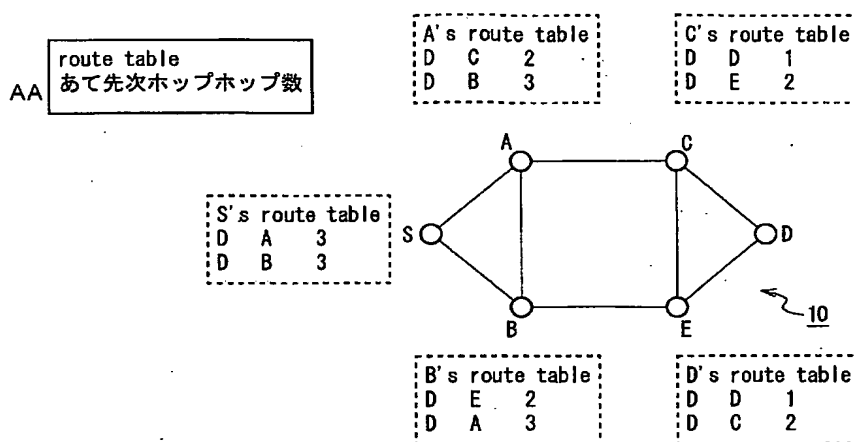
(10) 国際公開番号  
WO 2005/015856 A1

- (51) 国際特許分類: H04L 12/56 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/011651 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 磯津 政明  
(22) 国際出願日: 2004年8月6日 (06.08.2004) (ISOZU, Masaaki) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区  
(25) 国際出願の言語: 日本語 北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo  
(26) 国際公開の言語: 日本語 (JP).  
(74) 代理人: 田辺 恵基 (TANABE, Shigemoto); 〒141-0032  
東京都品川区大崎3丁目6番4号 トキワビル5階  
Tokyo (JP).  
(30) 優先権データ: (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
特願2003-290468 2003年8月8日 (08.08.2003) JP 可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
特願2003-290469 2003年8月8日 (08.08.2003) JP BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
特願2003-290470 2003年8月8日 (08.08.2003) JP DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株 ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP). NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

(続葉有)

(54) Title: COMMUNICATION SYSTEM, COMMUNICATION METHOD, COMMUNICATION TERMINAL DEVICE, CONTROL METHOD THEREOF, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 通信システム、通信方法、通信端末装置及びその制御方法並びにプログラム



AA...THE NUMBER OF HOPS IN DESTINATION NEXT HOP

(57) Abstract: There are provided a communication system having a high reliability, a communication method, a communication device applied to the communication system, control method thereof, and a program installed in the communication device. According to a first message transmitted from a first communication terminal and a second message transmitted from a third communication terminal, the first to the third communication terminal create a route to the first or to the third communication terminal, respectively. The first communication terminal transmits a route request for requesting a route to be used for communication with the third communication terminal. The second and the third communication terminal create a plurality of routes to the first or the third communication terminal, respectively. Among the routes created, the route satisfying the route request transmitted from the first communication terminal is set as a communication route between the first and the third communication terminal.

(57) 要約: 本願発明は、信頼性の高い通信システム、通信方法、当該通信システムに適用する通信端末装置及びその制御方法並びに当該通信端末装置に実装されるプログラムを提案する。第1

(続葉有)

WO 2005/015856 A1



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

の通信端末から発信される第1のメッセージ及びこれに対して第3の通信端末から発信される第2のメッセージに基づいて、第1乃至第3の通信端末が第1又は第3の通信端末までの経路をそれぞれ作成する通信システム、通信方法、当該通信システムに適用する通信端末装置及びその制御方法並びに当該通信端末装置に実装されるプログラムにおいて、第1の通信端末が、第3の通信端末との通信に使用する経路に対する要求でなる経路要求を送信し、第2及び第3の通信端末が第1又は第3の通信端末までの経路をそれぞれ複数作成し、作成した複数の経路のうち、第1の通信端末から送信された経路要求を満たす経路を、第1及び第3の通信端末間の通信経路として設定するようにした。

## 明 細 書

通信システム、通信方法、通信端末装置及びその制御方法並びにプログラム

## 技術分野

本発明は通信システム、通信方法、通信端末装置及びその制御方法並びにプログラムに関し、例えばアドホックネットワークシステムに適用して好適なものである。

## 背景技術

近年、ノート型パーソナルコンピュータやPDAといった移動コンピュータの普及に伴い、これら移動コンピュータを無線によって接続できるネットワークコンピューティング環境への要求が高まっている。このようなネットワークのひとつとしてアドホックネットワークがある。

アドホックネットワークは、データの中継を行うための専用のルータが存在せず、各通信端末（以下、これをノードと呼ぶ）がメッセージを無線通信によりルーティングすることによって、移動性、柔軟性及び経済性の高いネットワークを構築し得るようになされたものである。

このように全てのノードが無線ネットワークにより接続されたアドホックネットワークにおいては、従来の固定的なネットワークとは異なり、トポロジの変化が非常に頻繁に起こるため、信頼性を確保するための経路制御方式（ルーティングプロトコル）を確立する必要がある。

現在提案されているアドホックネットワークのルーティングプロトコルは、通信を開始する直前に通信先までの通信経路を発見するオンデマンド方式と、通信の有無にかかわらず各ノードがそれぞれ他の各ノードまでの通信経路を予め発見しておきこれをテーブルとして保持しておくテーブル駆動方式の大きく2つのカテゴリに分けることができる。また近年では、これらを統合したハイブリッド方

式も提案されている。

このうち、オンデマンド方式の代表的なルーティングプロトコルとして、IETF (Internet Engineering Task Force) の MANET WG (Mobil Adhoc NETwork Working Group) で提案されているAODV (Adhoc On-demand Distance Vector) プロトコルがある (例えば特許文献1参照)。以下、このAODVにおける経路発見プロセスについて説明する。

図25 (A) は、複数のノードA'～E'、S'により構築されるアドホックネットワークシステム1を示すものである。この図では、相互に通信可能な範囲内にあるノードA'～E'、S'同士が線により結ばれている。従って、線で結ばれていないノードA'～E'、S'間では他のノードA'～E'、S'を介して通信を行う必要があり、この場合に以下に説明する経路発見プロセスにより通信すべきノードA'～E'、S'との間の経路の発見が行われる。

例えばノードS'がノードD'との間で通信を開始する場合において、ノードS'がノードD'までの通信経路を知らない場合、ノードS'は、まず図26に示すような経路要求メッセージ (RREQ: Route Request) 2をブロードキャストする。

この経路要求メッセージ2は、「Type」、「Flag」、「Reserved」、「Hop Count」、「RREQ ID」、「Destination Address」、「Destination Sequence Number」、「Originator Address」及び「Originator Sequence Number」のフィールド3<sub>1</sub>～3<sub>9</sub>から構成されており、「Type」のフィールド3<sub>1</sub>にメッセージの種類 (経路要求メッセージの場合は「1」)、「Flag」のフィールド3<sub>2</sub>に各種通信制御のためのフラグ、「Hop Count」のフィールド3<sub>4</sub>にホップ数 (初期値は「0」)、「RREQ ID」のフィールド3<sub>5</sub>に当該経路要求メッセージに付与された固有のID (以下、これを経路要求メッセージIDと呼ぶ) がそれぞれ格納

される。

また経路要求メッセージ2の「Destination Address」のフィールド3<sub>6</sub>にはその経路要求メッセージの送信先であるノードD'のアドレス、「Destination Sequence Number」のフィールド3<sub>7</sub>にはノードS'が最後に知ったノードD'のシーケンス番号、「Originator Address」のフィールド3<sub>8</sub>にはノードS'のアドレス、「Originator Sequence Number」のフィールド3<sub>9</sub>にはノードS'のシーケンス番号がそれぞれ格納される。

そしてこの経路要求メッセージ2を受け取ったノードA'～E'は、その経路要求メッセージの「Destination Address」のフィールド3<sub>6</sub>に格納された当該経路要求メッセージ2のあて先に基づいて自分宛の経路要求メッセージ2であるか否かを判断し、自分宛でない場合には「Hop Count」のフィールド3<sub>4</sub>に格納されたホップ数を「1」増加させたうえでこの経路要求メッセージ2をブロードキャストする。

またこのときそのノードA'～E'は、自己の経路テーブルにその経路要求メッセージ2の送信先であるノードD'のアドレスが存在するか否かを調査し、存在しない場合にはこのノードD'への逆向き経路（Reverse Path）に関する各種情報（エントリ）を経路テーブルに挿入する。

ここで、この経路テーブルは、この後そのノード（ここではノードD'）を送信先とするデータを受信した場合に参照するためのテーブルであり、図27に示すように、「Destination Address」、「Destination Sequence Number」、「Hop Count」、「Next Hop」、「Precursor List」、「Life Time」のフィールド5<sub>1</sub>～5<sub>6</sub>から構成される。

そしてノードA'～E'は、かかる逆向き経路の経路テーブル4への挿入処理時、経路テーブル4の「Destination Address」、「Destination Sequence Number」又は「Hop Count

t」の各フィールド5<sub>1</sub>～5<sub>3</sub>にその経路要求メッセージ2における「Destination Address」、「Destination Sequence Number」及び「Hop Count」の各フィールド3<sub>6</sub>、3<sub>7</sub>、3<sub>4</sub>のデータをそれぞれコピーする。

またノードA'～E'は、経路テーブル4の「Next Hop」のフィールド5<sub>4</sub>に、その経路要求メッセージ2が格納されたパケットのヘッダに含まれるその経路要求メッセージ2を転送してきた近隣ノードA'～C'、E'、S'のアドレスを格納する。これによりノードD'までの逆向き経路が設定されたこととなり、この後ノードD'を送信先とするデータが送信されてきた場合には、この経路テーブル4に基づいて、対応する「Next Hop」のフィールド5<sub>3</sub>に記述されたアドレスのノードA'～E'にそのデータが転送される。

さらにノードA'～E'は、経路テーブル4の「Precursor List」のフィールド5<sub>5</sub>にその経路を通信に使用する他のノードA'～E'のリストを格納し、「Life Time」のフィールド5<sub>6</sub>にその経路の生存時間を格納する。かくして、この後このエントリは、この「Life Time」のフィールド5<sub>6</sub>に格納された生存時間に基づいて生存の可否が管理され、使用されことなく生存時間が経過した場合には経路テーブル4から削除される。

そして、この後これと同様の処理がアドホックネットワークシステム1内の対応する各ノードA'～E'において行われ、やがてその経路要求メッセージ2が経路要求メッセージ送信先ノードであるノードD'にまで伝達される（図25（B））。

この際この経路要求メッセージ2を受信した各ノードA'～E'は、二重受け取り防止のため、経路要求メッセージ2の経路要求メッセージID（図26の「RREQ ID」）をチェックし、過去に同じ経路要求メッセージIDの経路要求メッセージ2を受信していた場合にはこの経路要求メッセージ2を破棄する。

なお、経路要求メッセージ2がそれぞれ異なる経路を通してノードD'に複数到達することがあるが、このときノードD'は、最初に到達したものを優先し、

2 番目以降に到達したものは破棄するようになされ。これにより経路要求メッセージの送信元であるノードSから送信先であるノードD'までの一意な経路を双方向で作成し得るようになされている。

一方、経路要求メッセージ2を受信したノードD'は、図28に示すような経路応答メッセージ(RREP: Route Reply)6を作成し、これをこの経路要求メッセージ2を転送してきた近隣ノードC'、E'にユニキャストする。

この経路応答メッセージ6は、「Type」、「Flag」、「Reserved」、「Prefix Sz」、「Hop Count」、「Destination Address」、「Destination Sequence Number」、「Originator Address」及び「Lifetime」のフィールド7<sub>1</sub>~7<sub>9</sub>から構成されており、「Type」のフィールド7<sub>1</sub>にメッセージの種類(経路応答メッセージの場合は「2」)、「Flag」のフィールド7<sub>2</sub>に各種通信制御のためのフラグ、「Prefix Sz」のフィールド7<sub>4</sub>にサブネットアドレス、「Hop Count」のフィールド7<sub>5</sub>にホップ数(初期値は「0」)がそれぞれ格納される。

また経路応答メッセージ6の「Destination Address」、「Destination Sequence Number」及び「Originator Address」の各フィールド7<sub>6</sub>~7<sub>8</sub>に、それぞれかかる経路要求メッセージ2における「Originator Address」、「Originator Sequence Number」又は「Destination Address」の各フィールド3<sub>8</sub>、3<sub>9</sub>、3<sub>6</sub>のデータがコピーされる。

そしてこの経路応答メッセージ6を受け取ったノードC'、E'は、その経路応答メッセージ6の「Destination Address」のフィールド3<sub>6</sub>に記述された当該経路応答メッセージ6のあて先に基づいて自分宛の経路応答メッセージ6であるか否かを判断し、自分宛でない場合には「Hop Cou

n t」のフィールド3<sub>4</sub>に格納されたホップ数を「1」増加させたうえでこの経路応答メッセージ6を、経路要求メッセージ2の転送時に逆向き経路として設定したノード（ノードS用の経路テーブル4（図27）の「Next Hop」のフィールド5<sub>4</sub>に記述されたノード）A'～C'、E'にユニキャストする。

またこのときそのノードA'～C'、E'、S'は、自己の経路テーブル4にその経路応答メッセージ6の送信元であるノードDのアドレスが存在するか否かを調査し、存在しない場合には図27について上述した場合と同様にしてノードDまでの逆向き経路のエントリを経路テーブル4に挿入する。

かくして、この後これと同様の処理が対応する各ノードA'～C'、E'、において順次行われ、これによりやがて経路応答メッセージ6が経路要求メッセージ2の送信先であるノードSにまで伝達される（図25（C））。そしてこの経路応答メッセージ6をノードS'が受信すると経路発見プロセスが終了する。

このようにしてAODVでは、各ノードA'～E'、S'が通信先のノードとの間の通信経路を発見し、設定する。

ところで、通信経路上に介在するあるノード間の経路が何らかの障害により切断された場合には、当該通信経路に代わる新たな通信経路（以下、これを代替経路と呼ぶ）を確立するといった障害対策手法が必要となる。

オンデマンド方式における上述のAODVでは、かかる障害対策手法としてローカルリペア（Local Repair）という手法がある。このローカルリペアでは、例えば図29に示すように、通信経路（S'－A'－C'－D'）上の例えばノードA'とノードC'との間の経路が切断されると、当該切断元のノードA'を起点として上述の経路発見プロセスを行って、ノードD'までの代替経路（S'－A'－B'－E'－D'）を確立する。

その際、予め経路テーブル4（図27）に経路の品質状態を表すフィールドを拡張しておき、当該経路の品質状態を考慮しながら経路発見プロセスを行って、信頼性の高い代替経路を確立するといったことも考えられる（例えば特許文献2参照）。



特許文献1 米国特許第20020049561号明細書。

特許文献2 米国特許第005949760号明細書（FIG. 2）。

ところで、アドホックネットワークのルーティングプロトコルとして現在提案されている上述のオンデマンド方式や、テーブル駆動方式及びハイブリッド方式は、経路の作成の仕方に違いがあるものの、これらどの方式も経路テーブル上では1つのあて先に対して1つの経路（次ホップ）を有しているだけである点で共通しており、このためノード間の通信に障害が発生したときなどに違う経路を使用したいという要求があっても何らかの方法で新しく経路が作成されるのを待つ必要がある。

この場合、オンデマンド方式では、障害が発生したことを検知してから新しい経路の作成に取り掛かるため、復旧するまでのオーバーヘッドや時間が大きい。またテーブル駆動方式では、ルーティングプロトコルにより常時経路情報を交換していることから比較的障害に強いとされているものの、常に情報を送受信することによるオーバーヘッドの大きさが問題となっている。實際上、モバイル機器がアドホックネットワークで接続された環境を考えると、消費電力の面からも常に経路情報を交換するのは得策ではない。また一方で、経路テーブルを更新する周期が長いと、突然の障害に対処できない問題もある。

例えば上述のAODVプロトコルでは、ノード間の通信に障害が起きて通信が切断されたときに、両端のノードから経路の再発見を要求するメッセージを送信するローカルリペア（Local Repair）という手法により新たに経路を作成することとしているが、AODVのプロトコルの仕組み上、同時に1つの経路しか作成できないため、原則としてリンクに障害が起きても切断してはじめて新しい経路作成に取り掛かることになる。ローカルリペアでも経路を作成できるようにすれば、即時性を要求されるリアルタイム通信に対しても有効な手法となる。

このように一般的なアドホックルーティングは、経路テーブルのあて先1つに対して単一の経路しかもたないため、ノード間の通信に障害が起きた際の対処法は十分ではない。オンデマンド方式の代表的なルーティングプロトコルであるAODVでも複数の経路を同時に保有することは困難であり、障害対策に対する要求を十分に満たしているわけではない。

また、複数の経路を作成する経路作成方式も提案されているが、それらの経路制御方式では、どの経路を使用するかについては経路を保持する中間ノードに任せることになり、送信者が全ての経路を選択することはできない。仮に複数経路のうち任意の経路を選択できたとしても、同じ送信元から発信されるデータパケットは全て同じ経路を通ることになり、データパケットの属性毎に異なる経路を利用したり、時間と共に変化するリンク品質を基準に自由に経路を変更したり、という複数経路の効率的な利用ができるわけではない。一般にアドホックネットワークにおける経路は使用されない時間が長いと自動的に削除されてしまうものが多く、ルーティングプロトコルにより複数の経路が設定できたとしても結局使用されないまま経路テーブルから消えてしまう経路が多く存在する。

例えば、複数経路を作成するオンデマンド型のルーティングプロトコルとして、論文「On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks (Mahesh K. Marina, Samir R. Das, Department of Electrical & Computer Engineering and Computer Science University of Cincinnati, USA)」で提案されているマルチパスルーティング方式があるが、経路の選択方法については特に規定していない。

以上のような問題が存在することから、比較的信頼の高いと言われている複数経路を設定するルーティングプロトコル、いわゆるマルチパスルーティングプロトコルにおいても、効率的に複数経路を使用することは困難であり、特にユーザの要求やリンクの品質に応じた効率的な経路の利用が非常に困難となる。

さらに、かかるローカルリペアでは、経路の品質状態を考慮しながら代替経路を確立した場合であっても、ある経路が既に切断された時点（検知した時点）から経路発見プロセスを行うため、当該代替経路を確立するまでの間に送信できないデータに対する処理負荷や、代替経路を確立するまでの消費時間が大きくなることから、即時性を要求されるリアルタイム通信等の通信形態には有効な障害対策とはならない。

また、経路の切断元のノードA'を起点として新たな代替経路を確立しているため、トポロジの変化が頻繁に起こるアドホックネットワークでは、図29に示したように、最短の代替経路（S'－B'－E'－D'）が存在するにもかかわらず、迂回するようにしてホップ数の多い代替経路（S'－A'－B'－E'－D'）を確立する場合がある。すなわち逐次変化するトポロジの形態に応じた最適な代替経路を確立できない恐れがある。

一方、経路が切断した際にその切断元からではなくノードS'から代替経路を確立することも考えられるが、この場合には、迂回するようにしてホップ数の多い代替経路を確立することがないため、逐次変化するトポロジの形態に応じた最適な代替経路を確立できるものの、依然として処理負荷や消費時間が大きくなる問題が残り、即時性を要求されるリアルタイム通信等の通信形態には有効な障害対策とはならない。

このようにローカルリペアでは、経路が既に切断された時点から代替経路を確立するため、通信形態によっては障害対策が未だ不十分である。

他方、テーブル駆動方式では、ルーティングプロトコルにより常時経路情報をノード間で交換しており、当該経路情報を交換する際の処理負荷が増大する問題があることから、障害対策の有無にかかわらず即時性を要求されるリアルタイム通信や低消費電力を要求される通信等の通信形態には向かない。

#### 発明の開示

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、信頼性の高い通通信システム、

通信方法、通信端末装置及びその制御方法並びにプログラムを提案しようとするものである。

かかる課題を解決するため本発明においては、第1の通信端末から発信されて第2の通信端末を経由して第3の通信端末に送信される第1のメッセージ及び当該第1のメッセージに対して第3の通信端末から発信されて第2の通信端末を経由して第1の通信端末に送信される第2のメッセージに基づいて、第1乃至第3の通信端末が第1又は第3の通信端末までの経路をそれぞれ作成し、当該作成した経路を介して第1及び第3の通信端末間で通信する通信システム、通信方法、当該通信システムに適用する通信端末装置及びその制御方法並びに当該通信端末装置に実装されるプログラムにおいて、第1の通信端末が、第3の通信端末との通信に使用する経路に対する要求でなる経路要求を送信し、第2及び第3の通信端末が、第1又は第2のメッセージをそれぞれ重複して受信することにより第1又は第3の通信端末までの経路をそれぞれ複数作成し、作成した複数の経路のうち、第1の通信端末から送信された経路要求を満たす経路を、第1及び第3の通信端末間の通信経路として設定するようにした。

この結果この通信システム、通信方法、当該通信システムに適用する通信端末装置及びその制御方法並びに当該通信端末装置に実装されるプログラムによれば、第1の通信端末が第2又は第3の通信端末が作成した複数の経路の中から所望の経路を通信経路としてこれら第2及び第3の通信端末に設定させることができ、その分第1及び第3の通信端末間において最適な通信経路での通信を行うことができる。

以上のように本発明によれば、第1の通信端末から発信されて第2の通信端末を経由して第3の通信端末に送信される第1のメッセージ及び当該第1のメッセージに対して第3の通信端末から発信されて第2の通信端末を経由して第1の通信端末に送信される第2のメッセージに基づいて、第1乃至第3の通信端末が第1又は第3の通信端末までの経路をそれぞれ作成し、当該作成した経路を介して第1及び第3の通信端末間で通信する通信システム、通信方法、当該通信システ

ムに適用する通信端末装置及びその制御方法並びに当該通信端末装置に実装されるプログラムにおいて、第1の通信端末が、第3の通信端末との通信に使用する経路に対する要求となる経路要求を送信し、第2及び第3の通信端末が、第1又は第2のメッセージをそれぞれ重複して受信することにより第1又は第3の通信端末までの経路をそれぞれ複数作成し、作成した複数の経路のうち、第1の通信端末から送信された経路要求を満たす経路を、第1及び第3の通信端末間の通信経路として設定するようにしたことにより、第1及び第3の通信端末間において最適な通信経路での通信を行うことができ、かくして信頼性の高い通信システム、通信方法、当該通信システムに適用する通信端末装置及びその制御方法並びに当該通信端末装置に実装されるプログラムを実現できる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本実施の形態によるアドホックネットワークシステムの構成を示す概念図である。

図2は、各ノードにおける通信機能ブロックの構成を示すブロック図である。

図3は、本実施の形態による経路要求メッセージの構成を示す概念図である。

図4は、経路要求メッセージ受信処理手順を示すフローチャートである。

図5は、ノードSからノードDまでに複数経路が作成された場合の説明に供する概念図である。

図6は、本実施の形態による経路応答メッセージの構成を示す概念図である。

図7は、本実施の形態による経路テーブルの構成を示す概念図である。

図8は、経路エントリ挿入処理手順を示すフローチャートである。

図9は、経路応答メッセージ受信処理手順を示すフローチャートである。

図10は、各ノードにおける経路テーブルの状態を示す概念図である。

図11は、通信処理手順を示すフローチャートである。

図12は、経路アクティベーションパケットの説明に供する略線図である。

図13は、経路アクティベーションパケット送信処理手順を示すフローチャートである。

トである。

図 1 4 は、経路アクティベーションパケット受信処理手順を示すフローチャートである。

図 1 5 は、フロー ID 毎に異なる経路を設定した様子を示す略線図である。

図 1 6 は、本実施の形態によるアドホックネットワークシステムの構成を示す略線図である。

図 1 7 は、リンク状態通知メッセージの送信の説明に供する略線図である。

図 1 8 は、通信経路と代替経路を示す略線図である。

図 1 9 は、リンク状態通知メッセージの構成を示す略線図である。

図 2 0 は、状態通知処理手順を示すフローチャートである。

図 2 1 は、リンク状態テーブルを示す略線図である。

図 2 2 は、拡張型経路要求メッセージの構成を示す略線図である。

図 2 3 は、経路再設定要求処理手順を示すフローチャートである。

図 2 4 は、経路再設定処理手順を示すフローチャートである。

図 2 5 は、従来のアドホックネットワークシステムにおける経路作成の説明に供する概念図である。

図 2 6 は、従来の経路要求メッセージの構成を示す概念図である。

図 2 7 は、従来の経路テーブルの構成を示す概念図である。

図 2 8 は、従来の経路応答メッセージの構成を示す概念図である。

図 2 9 は、ローカルリペアにより確立される通信経路を示す略線図である。

## 発明を実施するための最良の形態

以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

### (1) 第 1 の実施の形態

(1-1) 第 1 の実施の形態によるアドホックネットワークシステムの構成

(1-1-1) 本実施の形態によるアドホックネットワークシステムの概略構成

図 1 において、10 は全体として本実施の形態によるアドホックネットワーク

システムを示し、各ノードA～E、Sがデータの通信開始時にそれぞれ複数の経路を作成し、これら経路をその後のデータ通信時において通信障害が発生したときに切り換えて使用するようになされた点を除いて図25について上述したアドホックネットワークシステム1とほぼ同様の構成を有する。

すなわちこのアドホックネットワークシステム10の場合、例えばノードSからノードDにデータを送信するときには、ノードSがノードDを送信先とする経路要求メッセージ20（図3）をブロードキャストする。

このときノードS以外の各ノードA～Eは、それぞれ異なる経路を経由して送信されてくる経路要求メッセージ20を逆向き経路を設定しながら重複して受信し、これらを順次ブロードキャストする。この結果ノードSからノードDまでの経路が複数作成される。またこのとき各ノードA～E、Sは、これら作成した各経路を、予め定められた所定の基準に従って優先順位を付けて経路テーブル30（図7）において管理する。

一方、経路要求メッセージ20を受信したノードDは、作成した経路ごとにノードSを送信先とする経路応答メッセージ23（図6）をユニキャスト（すなわちマルチキャスト）する。そしてノードD以外の各ノードA～C、E、Sは、経路要求メッセージ20の転送時に設定した経路と逆向きに送信されてくる経路応答メッセージ23をそれぞれノードDまでの逆向き経路を設定しながら重複して受信し、これらを経路要求メッセージ20の転送時に設定したノードSまでの各経路にユニキャストする。この結果ノードDからノードSまでの経路が複数作成される。またこのとき各ノードA～E、Sは、これら作成した各経路を、予め定められた所定の基準に従って優先順位を付けて経路テーブル30において管理する。

そして各ノードA～Eは、その後ノードSからデータの送信が開始されて当該データが送信されてくると、自己の経路テーブル30において管理している複数経路の中から優先順位の最も高い経路を1つ選択し、対応するノードA～Eにデータを送信する。これによりノードSから発信されたデータが予め定められた基

準に最も適合した経路を伝ってノードDに伝達される。

他方、このようなデータの送信時に通信障害が発生すると、その通信障害が発生したノードA～E、Sは、自己の経路テーブル30において管理している複数経路の中から、現在使用している経路の次に優先順位の高い経路を選択し、使用経路をその経路に切り換えて対応するノードA～Eにデータを送信する。

そしてこの新たな経路に選択されたノードA～Eは、データが送信されてくると、自己の経路テーブルにおいて管理している複数経路の中から優先順位の最も高い経路を1つ選択し、対応するノードA～Eにデータを送信する一方、これ以降の各ノードA～Eも同様にして前ノードA～Eから順次送信されてくるデータを次ホップのノードA～Eに順次転送する。

このようにしてこのアドホックネットワークシステム10においては、通信障害等が発生したときに予め作成した複数の経路のうちの他の経路に直ちに切り換えて通信を継続することで、突然の通信障害の発生にも実用上十分に対処し得るようになされている。

なお図2に、各ノードA～E、Sに搭載された通信機能ブロック11のハードウェア構成を示す。

この図2からも明らかなように、各ノードA～E、Sの通信機能ブロック11は、CPU (Central Processing Unit) 12、各種プログラムが格納されたROM (Read Only Memory) 13、CPU 12のワークメモリとしてのRAM (Random Access Memory) 14、他のノードA～E、Sとの間で無線通信を行う通信処理部15及びタイマ16がバス17を介して相互に接続されることにより構成される。

そしてCPU 12は、ROM 13に格納されたプログラムに基づいて上述及び後述のような各種処理を実行し、必要時には経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23等の各種メッセージや、AV (Audio Video) データの各種データを通信処理部15を介して他のノードA～E、Sに送信する。

またCPU 12は、通信処理部15を介して受信した他のノードA～E、Sか



らの経路要求メッセージ20に基づいて後述のような経路テーブル30を作成し、これをRAM14に格納して保持する一方、この経路テーブル30に登録された各ノードA～E、Sまでの経路エントリの生存時間等をタイマ16のカウント値に基づいて管理する。

(1-1-2) 経路発見プロセスにおける各ノードの具体的な処理内容

次に、この経路発見プロセスにおける各ノードA～E、Sの具体的な処理内容について説明する。

上述のようにこのアドホックネットワークシステム10では、各ノードA～Eが経路要求メッセージ20を重複して受信することにより、その経路要求メッセージ20の送信元であるノードSまでの経路を複数作成する。

しかしながら、このようにノードA～Eが異なる経路を介して伝達されてきた同じ経路要求メッセージを重複して受け取るようにした場合、経路要求メッセージ20がループして、これを中継するノードA～Eが同じ経路要求メッセージ20を何度も受け取る事態が生じるおそれがある。

そこでこのアドホックネットワークシステム10では、図26との対応部分に同一符号を付した図3に示すように、従来の経路要求メッセージ2(図26)を拡張して中継ノードリスト21のフィールド(Relay Node Address #1～#n)22を設けるようにし、その経路要求メッセージ20を中継したノードA～Eがこのフィールド22を順次拡張しながら当該拡張したフィールド22内に自己のアドレスを順次記述するようにしている。

そしてノードA～Eは、経路要求メッセージ20を受信すると、その経路要求メッセージID(RREQ ID)を調べ、過去に同じ経路要求メッセージIDが付与された経路要求メッセージを受信したことがあり、かつその中継ノードリスト21に自己のアドレスが存在する場合には、その経路要求メッセージ20を破棄する。

これによりこのアドホックネットワークシステム10においては、経路要求メッセージ20がノードA～E間でループするのを有効かつ確実に防止することが

でき、かくして各ノードA～EがノードSまでの複数の経路を適切に作成することができるようになされている。

ここで、このような処理は図4に示す経路要求メッセージ受信処理手順RT1に従ったCPU12の制御のもとに行われる。實際上、各ノードA～EのCPU12は、経路要求メッセージ20を受信すると、この経路要求メッセージ受信処理手順RT1をステップSP0において開始し、続くステップSP1において、その経路要求メッセージ20の「RREQ ID」のフィールド3<sub>5</sub>に格納された経路要求メッセージIDを読み出し、これを経路要求メッセージ20の受信履歴としてRAM14に格納すると共に、当該受信履歴に基づいて、同じ経路要求メッセージIDが付与された経路要求メッセージ20を過去に受信したことがあるか否かを判断する。

そしてCPU12は、このステップSP1において否定結果を得るとステップSP5に進み、これに対して肯定結果を得ると、ステップSP2に進んで、その経路要求メッセージ20の中継ノードリスト20に自己のアドレスが存在するか否かを判断する。

ここでこのステップSP2において肯定結果を得ることは、そのノードA～Eがその経路要求メッセージ20自体を過去に中継したことがあることを意味し、かくしてこのときCPUは、ステップSP3に進んでこの経路要求メッセージ20を破棄し、この後ステップSP9に進んでこの経路要求メッセージ受信処理手順RT1を終了する。

これに対してステップSP2において否定結果を得ることは、そのノードA～Eが、他の経路を経由して送信されてきた同じ経路要求メッセージIDをもつ経路要求メッセージ20を過去に中継したことがあるが、その経路要求メッセージ20自体は中継したことがないことを意味し、かくしてこのときCPU12は、ステップSP4に進んでその経路要求メッセージ20の中継ノードリスト20に自己のアドレスを加える。

またCPU12は、この後ステップSP5に進んで、その経路要求メッセージ

20が経由してきた経路の逆向き経路のエントリをノードSまでの経路として後述する経路エントリ挿入処理手順RT2（図8）に従って新たに自己の経路テーブル30（図7）に挿入する。

さらにCPU12は、この後ステップSP6に進んで、その経路要求メッセージ20の「Destination Address」のフィールド3<sub>6</sub>に記述された当該経路要求メッセージ20のあて先に基づいて、当該経路要求メッセージ20が自分宛のものであるか否かを判断する。

そしてCPU12は、このステップSP6において否定結果を得ると、ステップSP7に進んで、当該経路要求メッセージ20の「Hop Count」のフィールド3<sub>4</sub>に格納されたホップ数を「1」増加させたうえで、この経路要求メッセージ20をブロードキャストし、この後ステップSP9に進んでこの経路要求メッセージ受信処理手順RT1を終了する。

これに対してCPU12は、ステップSP6において肯定結果を得ると、ステップSP8に進んでその経路要求メッセージ20に対する経路応答メッセージ23（図6）を生成し、これを自己の経路テーブル30（図7）に基づいて対応するノードC、Eにユニキャストした後、ステップSP9に進んでこの経路要求メッセージ受信処理手順RT1を終了する。

なおこの実施の形態の場合、かかる経路要求メッセージ受信処理手順RT1のステップSP8において、CPU12は、同じ経路要求メッセージIDをもつ経路要求メッセージ20に対する応答として、同じID（以下、これを経路応答メッセージID（RREP ID）と呼ぶ）を付与した経路応答メッセージ23を生成するようになされている。

すなわち、経路応答メッセージは、通常、経路要求メッセージの伝達時に設定された逆向き経路を通るようにユニキャストで送信されるが、本実施の形態においては逆向き経路が複数存在するため、経路応答メッセージ23を逆向き経路の数だけコピーしてマルチキャストで送信することとなる。

この場合において、例えば図5に示すように、ノードSから発信された経路要

求メッセージ20がノードDに3つの経路（第1～第3の経路RU1～RU3）を経て到達した場合、ノードDは、第1の経路RU1を経て到達した経路要求メッセージ20に対する応答としてノードCに、第2の経路RU2を経て到達した経路要求メッセージ20に対する応答としてノードEに、第3の経路RU3を経て到達した経路要求メッセージ20に対する応答としてノードEにそれぞれ経路応答メッセージ23をユニキャストで送信するが、このときノードEはノードDを送信先（Destination Address）とする逆向き経路を2回設定してしまうことになる。これと同様の事態がノードAやノードSにおいても発生する。

そこで、このアドホックネットワークシステム10においては、図28との対応部分に同一符号を付した図6に示すように、従来の経路応答メッセージ6（図28）を拡張して、「RREP ID」のフィールド24を設け、経路要求メッセージ20を受け取ったノードDが経路応答メッセージ23を返信する際、経路要求メッセージにおける経路要求メッセージIDと同様の経路応答メッセージIDをこのフィールド21に格納するようになされている。

そして、経路応答メッセージ23を受け取ったノードA～C、E、Sは、過去に同じ経路応答メッセージIDの経路応答メッセージ23を受信しており、かつノードSまでの逆向き経路が既に経路テーブル30に登録されている場合にはその経路応答メッセージ23を破棄し、これ以外の場合に図8について後述する経路エントリ挿入処理手順RT2に従ってその経路応答メッセージ23を発信したノードDまでの経路を自己の経路テーブル30に挿入する。

このようにしてこのアドホックネットワークシステム10においては、複数経路を作成する場合に生じ得る経路応答メッセージ23を送信したノード（ノードD）までの逆向き経路の多重設定を有効に防止し、かかる冗長さを確実に防止し得るようになされている。

#### （1-1-3）各ノードA～E、Sにおける複数経路の管理方法

上述のようにこのアドホックネットワークシステム10においては、各ノード

A～E、Sは、データの通信開始時にデータの送信元であるノードS及び当該データの送信先であるノードD間の経路を複数作成する。そして各ノードA～E、Sは、これら作成した経路を図27との対応部分に同一符号を付した図7に示す経路テーブル30を用いて管理している。

この経路テーブル30は、「Destination Address」、「Destination Sequence Number」、「Minimum Hop Count」、「Maximum Hop Count」、「Route List」及び「Precursor List」のフィールド5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>、31<sub>1</sub>～31<sub>3</sub>、5<sub>5</sub>から構成されるものであり、「Route List」のフィールド31<sub>3</sub>に上述のような経路発見プロセスにより発見された送信先ノードA～E、Sまでの各経路にそれぞれ対応させて作成された1又は複数の経路リスト32が格納され、「Minimum Hop Count」及び「Maximum Hop Count」の各フィールド31<sub>1</sub>、31<sub>2</sub>には、それぞれ当該経路発見プロセスにより発見された経路のうち最もホップ数が少ない経路の当該ホップ数又は最もホップ数が多い経路の当該ホップ数が格納される。

一方、経路リスト32は、「Hop Count」、「Next Hop」、「Life Time」及び「Link Quality」のフィールド33<sub>1</sub>～33<sub>5</sub>を有し、「Hop Count」のフィールド33<sub>1</sub>にその経路における送信先ノードA～E、Sまでのホップ数、「Next Hop」のフィールド33<sub>2</sub>にその経路における次ホップ、「Life Time」のフィールド33<sub>3</sub>にその経路（次ホップ）の生存時間、「Link Quality」のフィールド33<sub>4</sub>にその経路の品質が格納されている。そしてこの経路リスト32は、新たな経路が発見されるごとに作成されて経路テーブル30の対応する「Route List」のフィールド31<sub>3</sub>に格納される。

この場合、各経路リスト32の「Link Quality」のフィールド33<sub>4</sub>には、経路の品質として、その経路の電波状況やパケットエラー率等の情報が記述される。そして、この経路の品質に関する情報はその経路が使用されるこ

とに順次更新される。

また各経路リスト32は、「Life Time」のフィールド33<sub>3</sub>に記述された生存時間によって生存の可否が管理され、対応する経路が使用されことなく生存時間が経過した場合には、その経路リスト32が経路テーブル30から自動的に削除される。

さらに各経路リスト32には、「Next List」のフィールド33<sub>5</sub>が設けられており、対応する経路の次の優先順位を有する経路と対応する経路リストへ32のポインタがこのフィールド33<sub>5</sub>に記述される。これにより必要時にはこのポインタに基づいて経路リスト32を優先順位に従って検索できるようになされている。

なお、この実施の形態においては、一般的に最短ホップで送信先ノードA～E、Dに到達できる経路が最も性能が良いと考えられることから、経路の優先順位をホップ数が少ない順に付与するようになされている。

ここで、各ノードA～E、SのCPU12は、上述のような経路テーブル30への新たな経路エントリの挿入処理を図8に示す経路エントリ挿入処理手順RT2に従って実行する。

すなわちCPU12は、経路要求メッセージ20（図3）又は経路応答メッセージ23（図6）を受信すると、この経路エントリ挿入処理手順RT2をステップSP10において開始し、続くステップSP11において、自己の経路テーブル30にその経路要求メッセージ20の「Destination Address」のフィールド3<sub>6</sub>（図3）又は経路応答メッセージ23の「Destination Address」のフィールド7<sub>6</sub>（図6）に記述された当該経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の送信元ノードであるノードS又はノードDのアドレス（Destination Address）が存在するか否かを判断する。

このステップSP11において否定結果を得ることは、そのノードA～E、SにおいてードS又はノードDまでの経路が未だ自己の経路テーブル30に登録さ

れていないことを意味し、かくしてこのときCPU12は、ステップSP12に進んで、通常の経路エントリ挿入処理を実行する。

具体的には、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の「Originator Address」及び「Originator Sequence Number」をそれぞれ経路テーブルの対応する「Destination Address」又は「Destination Sequence Number」のフィールド5<sub>1</sub>、5<sub>2</sub>にコピーし、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の「Hop Count」を経路テーブル30の「Minimum Hop Count」及び「Maximum Hop Count」の各フィールド31<sub>1</sub>、31<sub>2</sub>にそれぞれコピーする。

またCPU12は、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の「Hop Count」を経路リスト32の「Hop Count」のフィールド33<sub>1</sub>にコピーし、当該経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23が格納されたパケットのヘッダに含まれる当該経路要求メッセージ20を送信してきた隣接ノードA～E、Sのアドレスを経路リスト32の「Next Hop」のフィールド33<sub>2</sub>にコピーし、さらに予め定められた生存時間を「Lifetime」のフィールド33<sub>3</sub>に記述する一方、そのときの経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の受信状態に基づき検出されたその経路の電波状況やパケットエラー率等の品質を「Link Quality」のフィールド33<sub>4</sub>に記述するようにして経路リスト32を作成し、これを経路テーブル40の「Route List」のフィールド31<sub>3</sub>に格納する。

そしてCPU12は、このようにしてステップSP12において通常の経路エントリ挿入処理によりノードS又はノードDまでの経路を自己の経路テーブル30に登録すると、この後ステップSP23に進んでこの経路エントリ挿入処理手順RT2を終了する。

これに対してステップSP11において肯定結果を得ることは、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の送信元であるノードS又はノード

Dまでの1又はそれ以上の経路が既に自己の経路テーブル30に登録されていることを意味し、かくしてこのときCPU21は、ステップSP13に進んで、経路テーブル30を検索することにより、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23を送信してきた隣接ノードA～E、Sを「Next Hop」とする対応する経路リスト32が存在するか否かを判断する。

そしてCPU12は、このステップSP13において肯定結果を得ると、ステップSP21に進み、これに対して否定結果を得るとステップSP14に進んで、経路リスト数が1つの「Destination Address」に対して登録できる最大数であるか否かを判断する。そしてCPU12は、このステップSP14において否定結果を得るとステップSP16に進み、これに対して肯定結果を得るとステップSP15に進んで、その「Destination Address」に対応する経路リスト32の中から時間的に最も古い（すなわち作成後、最も時間が経過した）経路リスト32を削除した後ステップSP16に進む。

またCPU12は、ステップSP16において、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の「Hop Count」のフィールド3<sub>4</sub>（図3）、7<sub>4</sub>（図6）に記述されているホップ数が経路テーブル30の対応する「Maximum Hop Count」のフィールド31<sub>2</sub>に記述されたホップ数（最大ホップ数）よりも大きいかな否かを判断する。そしてCPU12は、このステップSP16において否定結果を得るとステップSP18に進み、これに対して肯定結果を得るとステップSP17に進んで、経路テーブル30の対応する「Maximum Hop Count」のフィールド31<sub>2</sub>に記述されているホップ数を、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の「Hop Count」のフィールド3<sub>4</sub>（図3）、7<sub>4</sub>（図6）に記述されているホップ数に書き換えた後ステップSP18に進む。

さらにCPU12は、ステップSP18において、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の「Hop Count」のフィールド3<sub>4</sub>（図



3)、7<sub>4</sub> (図6) に記述されているホップ数が経路テーブル30の対応する「Minimum Hop Count」のフィールド31<sub>1</sub>に記述されたホップ数 (最小ホップ数) よりも小さいか否かを判断する。そしてCPU12は、このステップSP18において否定結果を得るとステップSP20に進み、これに対して肯定結果を得るとステップSP19に進んで、経路テーブル30の対応する「Minimum Hop Count」のフィールド31<sub>1</sub>に記述されているホップ数を、その経路要求メッセージ20又は経路応答メッセージ23の「Hop Count」のフィールド3<sub>4</sub> (図3)、7<sub>4</sub> (図6) に記述されているホップ数に書き換えた後ステップSP20に進む。

続いてCPU12は、ステップSP20において、ステップSP12について上述したのと同様にしてその経路に対応する経路リスト32を作成し、これを経路テーブル30の対応する「Route List」のフィールド31<sub>3</sub>に登録する。またこのときCPU12は、同じ「Destination Address」の経路リスト32の優先順位を各経路リスト32の「Hop Count」に基づいて定め、これに応じてこれら対応する経路リスト32の「Next List」のフィールド33<sub>5</sub>を、次の優先順位をもつ経路と対応する経路リスト32へのポインタに必要なに応じて書き換える。

次いでCPU12は、ステップSP21に進んで、ステップSP20において新たに挿入した経路リスト32の「Lifetime」を更新すると共に、この後ステップSP22に進んで当該経路リスト32の「Link Quality」をそのとき検出した対応する経路の品質に応じて更新し、さらにステップSP23に進んでこの経路エントリ挿入処理手順RT2を終了する。

このようにして各ノードA～E、Sは、新たな経路を自己の経路テーブル30において管理し得るようになされている。

(1-1-4) データ通信に関する各ノードA～E、Sの具体的な処理内容

経路要求メッセージ20の送信元であるノードSがこの経路要求メッセージに対する経路応答メッセージ23を当該経路要求メッセージ20の送信先であるノ

ードDから受け取ると、そのノードSからノードDまでの経路が設定されたことになる。

本実施の形態においては、このとき設定された経路数分の経路応答メッセージ23をノードSが受信することになるが、最初に受け取った経路応答メッセージ23が経由した経路が必ずしもホップ数が少ない品質の高い経路とは限らない。

そこで、このアドホックネットワークシステム10において、経路要求メッセージ20の送信元であるノードSは、最初の経路応答メッセージ23を受信してから予め定められた所定時間が経過し又は予め定められた所定数の経路応答メッセージ23を受信するのを待ち、受信した各経路応答メッセージ23がそれぞれ経由した経路のうち、ホップ数が最も少ない経路を選択して、その経路を通じて経路要求メッセージ23の送信先であるノードDとの通信を開始するようになされている。

なおこのときノードSは、経路応答メッセージ23に含まれる経路応答メッセージIDに基づいて、そのとき到達した経路応答メッセージ23が同じノードDから同じ時間に送信されたものであるか否かを判断するようになされ、これにより誤った経路の選択が行われるのを未然に防止し得るようになされている。

ここでこのようなノードSにおける処理は、図9に示す経路応答メッセージ受信処理手順RT3に従ったCPU12（図2）の制御のもとに行われる。すなわちノードSのCPU12は、経路要求メッセージ20を送信後、最初の経路応答メッセージ23を受信するとこの経路応答メッセージ受信処理手順RT3をステップSP30において開始し、続くステップSP31において、最初の経路応答メッセージ23を受信してから予め定められた所定時間が経過したか否かを判断する。

そしてCPU12は、このステップSP31において否定結果を得るとステップSP32に進んで新たな経路応答メッセージ23を受信したか否かを判断し、このステップSP32において否定結果を得るとステップSP31に戻る。

これに対してCPU12は、ステップSP32において肯定結果を得るとステ

ップSP33に進んで、最初に受信した経路応答メッセージ23を含めて所定数の経路応答メッセージ23を受信したか否かを判断する。

そしてCPU12は、このステップSP33において否定結果を得るとステップSP31に戻り、この後ステップSP31又はステップSP33において肯定結果を得るまでステップSP31-SP32-SP33-SP31のループを繰り返す。

そしてCPU12は、やがて最初の経路応答メッセージ23を受信してから所定時間が経過し、又は所定数の経路応答メッセージ23を受信することにより、ステップSP31又はステップSP33において肯定結果を得ると、ステップSP34に進んでこの経路応答メッセージ受信処理手段RT3を終了し、この後経路テーブル30の対応する「Route List」に登録されている最も優先順位の高い経路リスト32の「Next Hop」のフィールド33<sub>2</sub>（図7）にアドレスが登録されているノードA、Bにデータをユニキャストで送信し始める。

一方、このようにしてノードSからのデータの送信が開始されると、このデータが送信されてきたノードA～Eは、自己の経路テーブル30を検索して当該データの送信先ノード（すなわちノードD）までの経路のエントリを検出すると共に、これにより検出された対応する経路リスト32の中から最も優先順位の高い経路の経路リスト32における「Next Hop」のフィールド33<sub>2</sub>（図7）に登録されたノードA～Eに対して当該データをユニキャストする。

例えば図10のように各ノードA～E、Sにおいて経路の設定が完了した状態において、例えばノードSからノードAにデータが送信された場合、ノードAは、ノードDを送信先（Destination Address）とする経路リスト32として、ノードCを「Next Hop」とする経路リストと、ノードBを「Next Hop」とする経路リスト32とを有しているが、ノードCを「Next Hop」とする経路リスト32の方がホップ数が少ないため優先順位が高く設定される。従って、ノードAは、ノードSから送信されてきたデータ

をユニキャストでノードCに転送することとなる。

同様に、ノードCは、ノードDを送信先とする経路リスト32として、ノードDを「Next Hop」とする経路リストと、ノードEを「Next Hop」とする経路リストとを有しているが、ノードDを「Next Hop」とする経路リスト32の方がホップ数が少ないため優先順位が高く設定される。従って、ノードCは、ノードAから送信されてきたデータをユニキャストでノードDに転送する。

なおこの例の場合、ノードSは、ノードDを送信先とする経路リスト32として、ノードAを「Next Hop」とする経路リスト32と、ノードBを「Next Hop」とする経路リスト32とを有しており、いずれの経路リスト32も「Hop Count」が同じであるが、このような場合にはノードSはその経路のホップ数以外の予め定められた要素（例えば経路の品質（Link Quality））を考慮して、最適な経路を選択するようになされている。

一方、ノードS及びノードD間の通信開始後、そのデータが経由する経路を構成するいずれかのノードA～E、S間において通信障害が発生すると、送信側のノードA～C、E、S間は、自己の保有する経路テーブル30に基づいて、そのデータの送信先であるノードDを「Destination Address」とするエントリに含まれるいくつかの経路リスト32の中から、そのときまで使用していた経路の次の優先順位を有する経路の経路リスト32を新たに選択し、その後はこの経路リスト32の「Next Hop」として記述されたノードA～Eにデータを送信する。

例えば図10の例において、ノードA及びノードC間において通信障害が発生した場合、ノードAは、ノードCを経由する経路の次の優先順位が付与されたノードBを経由する経路を選択し、その経路リスト32の「Next Hop」に記述されたノードBに対してデータを転送することとなる。

ここで、このような各ノードA～C、E、Sにおける処理は、図11に示す通信処理手順RT4に従ったCPU12の制御のもとに行われる。すなわち各ノ

ドA～C、E、SのCPU12は、データの送信を開始し又はデータが送信されてくるとこの通信処理手順RT4をステップSP40において開始し、続くステップSP41において、送信されてきたデータを優先順位が最も高い経路の経路リスト32における「Next Hop」のフィールド33<sub>2</sub>（図7）に記述されたノードA～Eにユニキャストする。

続いてCPU12は、ステップSP42に進んで、かかる通信相手のノードA～Eとの間の電波状況等に基づいて当該ノードA～Eとの間で通信障害が発生したか否かを判断する。

そしてCPU12は、このステップSP42において否定結果を得るとステップSP43に進み、前のノードA～C、E、Sから送信されてくるデータの送信状況に応じてデータの送信元（ノードS）及び送信先（ノードD）間における通信が終了したか否かを判断する。

CPU12は、このステップSP43において否定結果を得るとステップSP41に戻り、この後ステップSP42又はステップSP43において肯定結果を得るまでステップSP41－SP42－SP43－SP41のループを繰り返す。

そしてCPU12は、やがてステップSP42において肯定結果を得ると、ステップSP44に進んで、そのときまで使用していた経路リスト32の「Next List」のフィールド33<sub>3</sub>（図7）に格納されたポインタを手がかりに次の優先順位を有する経路の経路リスト32を検索し、使用する経路リスト32をその経路リスト32に切り換えた後ステップSP41に戻る。かくしてCPU12は、この後ステップSP44において選択した経路リスト32の「Next Hop」のフィールド33<sub>2</sub>（図7）に記述されたノードA～Eに対してデータをユニキャストすることとなる。

そしてCPU12は、この後ステップSP43において肯定結果を得ると、ステップSP45に進んで、この通信処理手順RT4を終了する。

（1－1－5）経路アクティベーション packets を用いたアクティベート方法

次に、このアドホックネットワークシステム1における経路アクティベーション packets を用いたアクティベート（正規経路化）方法について説明する。

上述のようにこのアドホックネットワークシステム1では、従来の経路要求メッセージ2（図26）を拡張して設けた中継ノードリスト21に基づいて、経路要求メッセージ20（図3）がこれの中継するノードA～C、E間においてループするのを防止しながら各ノードA～E、Sにおいて複数経路を作成する。

このような複数経路を作成する経路制御方式では、どの経路を使用するかについては経路を保持する中継ノードA～C、Eに任せることとなり、経路要求メッセージ20の送信元のノードSが経路を選択することができない。仮に複数経路のうち任意の経路を選択できたとしても、同じ送信元のノードSから発信されるデータパケットは全て同じ経路を通ることとなるため、データの属性（テキストデータ、コマンドデータ、AVデータ等）毎に異なる経路を利用したり、時間と共に変化するリンク品質を基準に自由に経路を変更したり、という複数経路の効率的な利用を図ることが困難となる。

そこで、このアドホックネットワークシステム1においては、上述のようにして各ノードA～E、Sが複数経路を作成後、データの送信元であるノードSがデータの送信先であるノードDまでの通信経路として使用する経路に対する要求を格納したパケット（以下、これを経路アクティベーション packets と呼ぶ）を発信する一方、これを受信した各ノードA～Eが、作成した複数経路の中からこの経路アクティベーション packets に格納された要求に応じて使用経路を設定したり、経路に対する各種設定を行うようになされ、これにより各ノードA～E、Sがそれぞれ作成した複数経路の中からデータ送信元であるノードSの要求に応じた最適な経路を選択的に使用させることができるようになされている。

図12は、このような経路アクティベーション packets 40の構成を示すものである。この図12からも明らかなように、経路アクティベーション packets 40は、固定的な「Type」、「Flag」、「Reserved」、「Hop Count」、「Message ID」、「Destination Add

ress」及び「Originator Address」のフィールド41<sub>1</sub>～41<sub>7</sub>と、使用経路に対する要求に応じて付加又は削除される可変的な「Required Link Quality」、「Flow ID」、「Lifetime」及び「Requirements」のフィールド41<sub>8</sub>～41<sub>11</sub>とから構成される。

そして、この経路アクティベーション packets 40の「Type」のフィールド41<sub>1</sub>には、この packets が経路アクティベーション packets (RACT) 又はそれに対する返答である後述の経路アクティベーション返答 packets (RACT-ACK) のいずれであるかを示すコードが格納される。

また「Flag」のフィールド41<sub>2</sub>には、デバッグ等に使用するためのフラグが格納される。経路アクティベーション packets 40は、データの送信元から送信先に向けて発信され、原則として、これに対する返答である経路アクティベーション返答 packets が後述のようにこのデータの送信先から送信元に向けて発信されるが、予めフラグを設定しておくことで、いずれか一方のみ経路を設定することもできる。

経路アクティベーション packets 40を用いることで、通信開始時に作成しておいた複数の経路に対して、たとえ通信中でも経路を自由に切り換えることができる。つまりすでに通信が開始された状態であっても経路が変更できるので、アドホックネットワークにおいてノードが移動する場合にも適応可能である。

「Hop Count」のフィールド41<sub>4</sub>にはホップ数（初期値は「0」）が格納され、「Message ID」のフィールド41<sub>5</sub>には、その経路アクティベーション packets 40に付与されたID（以下、これをメッセージIDと呼ぶ）が格納される。なおこのメッセージIDは、1つの経路アクティベーション packets に対して固有のものであり、再送しても同じものが使用される。

さらに経路アクティベーション packets 40の「Destination Address」のフィールド41<sub>6</sub>には、この経路アクティベーション packets 40のあて先ノードのアドレスが格納され、「Originator Addr

ess」には、この経路アクティベーションパケット40を発信したノードのアドレスが格納される。

一方、経路アクティベーションパケット40の「Required Link Quality」のフィールド41<sub>8</sub>には、通信経路として要求される経路の品質について閾値として設定された数値が格納され、「Flow ID」のフィールド41<sub>9</sub>には、経路に設定するID（以下、これをフローIDと呼ぶ）が格納される。このフローIDは、同じ送信先でも異なるデータフローは異なる経路を使用して効率的に転送する等の用途に使用される。

また経路アクティベーションパケット40の「Lifetime」のフィールド41<sub>10</sub>には、その経路に設定すべき生存時間が格納され、不使用かつ消去間近にある経路の生存時間を延長させるために使用される。さらに「Requirements」フィールド41<sub>11</sub>には、経路に対する自由な要求を記述するために使用される。

なお、これら「Required Link Quality」、「Flow ID」、「Lifetime」及び「Requirements」の各フィールドフィールド41<sub>8</sub>～41<sub>11</sub>は、通信経路として要求される条件に応じて任意に付加又は省略される。因みに、以下においては、「Required Link Quality」、「Flow ID」、「Lifetime」及び「Requirements」の各フィールドフィールド41<sub>8</sub>～41<sub>11</sub>にそれぞれ格納される使用経路に対する要求内容をまとめて経路要求パラメータと呼ぶものとする。

この経路要求パラメータの値は、データ送信元ノードにおけるデータ送信を希望したアプリケーションの要求に応じて、又は経路アクティベーションパケット40の再送の頻度が高い場合や伝送時のパケットロス率が高い場合などのデータの送信状態などに基づいて設定される。

#### (1-1-6) 経路アクティベーションパケット40の適用例

次に、かかる経路アクティベーションパケット40の適用例について、一定の



経路品質を有する経路のみをアクティベートする場合を例に説明する。なお、以下においては、経路の品質を、無線の電波状況やエラーレートなどを抽象化した値であると定義する。つまり数値が高い場合は経路の品質が良く、エラーレートが低い経路であるものとする。

データの送信元であるノードSは、まず最初に、経路に対する要求を決定する。例えば経路の品質について言えば、統計的な情報から満足できる通信が行える環境を事前に調査し、フローIDなどその他の複雑な情報についてはアプリケーションからの要求を受け入れるような当該アプリケーションとのインターフェースを用意しておくことで要求を取得する。

そしてノードSは、例えばデータ送信を希望するアプリケーションから『経路品質が閾値「50」以上の経路のみをアクティベーションしろ』という要求があった場合、経路アクティベーションパケット40の「Required Link Quality」のフィールド41<sub>5</sub>に「50」という数値を格納し、さらに「Destination Address」のフィールド41<sub>6</sub>にデータの送信先であるノードDのアドレスを格納すると共に、「Originator Address」のフィールド41<sub>7</sub>に自己のアドレスを格納するようにして経路アクティベーションパケット40を生成し、これを発信する。

一方、この経路アクティベーションパケット40を受信した他のノードA～Eは、そのあて先（「Destination Address」のフィールド41<sub>6</sub>にアドレスが格納されたノードであって、ここではノードD）への経路エントリが自己の経路テーブル30（図7）に存在するか否かを調べ、存在しない場合には経路アクティベーションエラーを当該経路アクティベーションパケット40の送信元のノードSに送信する。

これに対してノードA～Eは、かかる経路エントリが経路テーブル30に存在する場合には、そのあて先への経路リスト32（図7）を検索することにより、経路の品質（「Link Quality」）が経路アクティベーションパケット40の「Required Link Quality」のフィールド41<sub>5</sub>

に格納された閾値（「50」）を超えている経路が存在するか否かを調べる。

そしてノードA～Eは、存在しない場合にはノードSに対して経路アクティベーションエラーを送信する。なお、この経路アクティベーションエラーは、例えばIP層のICMPメッセージなどで代用することが可能である。

これに対してノードA～Eは、かかる閾値を超える品質を有する経路が1つでも存在する場合、その経路の経路リスト32の「Next Hop」のフィールド32<sub>2</sub>に記述されたノードA～EをノードSからノードDへのデータ送信時の正規の経路として設定する。

因みに、何をもって正規の経路としてみなすかは、このアドホックネットワークシステム1の経路制御方式に依存する。例えば、複数の経路をもっているが、通常は1つだけ「Valid」のフラグを設定してあるという方式では、該当する経路のみを「Valid」にして残りを「Invalid」にすることが経路をアクティベーションすることになる。このアドホックネットワークシステム1においては、経路に優先順位が設定されているため、その経路の優先順位を最も高いものとすることで、正規の経路として設定する。

そしてノードA～Eは、このような経路のアクティベーションが完了すると、経路アクティベーション packets 40のあて先が自己でない限り、この経路アクティベーション packets 40「Hop Count」のフィールド41<sub>4</sub>に格納されたホップ数を「1」増加させたうえでこれをアクティベーションされた経路の次ホップのノードA～Eに向けて転送する。

かくして、この後これと同様の処理が対応する各ノードA～C、Eにおいて順次行われ、これによりやがてこの経路アクティベーション packets 40がそのあて先であるノードDにまで伝達される。

そして、このようにして経路アクティベーション packets 40を受け取ったノードDは、上述のような経路のアクティベーションを行った後、その経路アクティベーション packets 40の「Type」のフィールド41<sub>1</sub>に格納されたコードを経路アクティベーション応答 packets のコードに変更し、「Destina

tion Address」のフィールド41<sub>6</sub>に格納されたアドレスを経路アクティベーション packets 40の送信元であるノードSのアドレスに変更し、かつ「Originator Address」のフィールド41<sub>7</sub>に格納されたアドレスを自己のアドレスに変更するようにして経路アクティベーション応答 packets 50を生成し、これをアクティベーションされた経路の次ホップのノードC、Eに向けて転送する。

かくして、この経路アクティベーション応答 packets 50が経路アクティベーション packets 40のときと同様にして、各ノードA～C、EにおいてノードDまでの経路のアクティベート処理が行われながらノードSに向けて順次伝達され、やがてノードSがこの経路アクティベーション応答 packets 50を受け取ることで、経路アクティベーションが完了する。そして各ノードA～Eは、この後ノードS及びノードD間での通信において、かかる経路アクティベーション packets 40に格納されたフローIDが付されたデータが送信されてきたときには、このとき設定した経路を通信経路としてデータの送受を行う。このようにしてこのアドホックネットワーク10においては、データ送信元ノードにおけるアプリケーションの要求等に応じた適切な経路を設定する。

なおノードSは、経路アクティベーション packets 40を送信後、所定時間内にノードDからの経路アクティベーション応答 packets 50を受け取ることができなかった場合や、途中で経路アクティベーションエラーを受け取った場合には、経路アクティベーションが行われるまで順次条件を緩和するように経路要求パラメータを再設定しながら経路アクティベーション packets 40を順次再送する。

従って、この例のように経路品質が「50」以上であることが当初の経路アクティベーションの条件であった場合、ノードSは、経路アクティベーション packets 40の再送時、経路アクティベーション packets 40の「Required Link Quality」のフィールド41<sub>8</sub>に格納された閾値の値を「50」から順次少しずつ下げた経路アクティベーション packets 40を順次生成して

、これを再送することとなる。

以上、一定の経路品質を有する経路のみをアクテリベートする場合を例に説明したが、他の要求、例えば経路に所望のフローIDを設定する場合や、経路に生存時間を設定する場合、ユーザ等が要求する他の何らかの条件を満たす経路をアクテリベートする場合、さらには所望する条件の2以上を全て満たす経路をアクテリベートし、又はその経路に所望する設定を行う場合も同様の処理が行われる。

實際上、ノードSは、経路に所望のフローIDを設定する場合には、経路アクテリベートパケット40の「Flow ID」のフィールド41<sub>9</sub>にそのフローIDを格納し、一定時間以上の生存時間を有する経路をアクテリベートさせる場合には、「Lifetime」のフィールド41<sub>10</sub>に最低限必要な経路の生存時間を格納し、ユーザ等が要求する他の何らかの条件を満たす経路をアクテリベートさせる場合には、「Requirements」のフィールドフィールド41<sub>11</sub>にその条件を格納するようにして経路アクテリベートパケット40を生成し、これを発信する。

そして、この経路アクテリベートパケット40を受信したノードA～Eは、当該経路アクテリベートパケット40に格納された全ての要求を満たす経路をノードS及びノードD間における通信経路として設定したり、その経路の生存時間の更新やその経路に対するフローIDの対応付け等を行い、この後ノードSからノードDへのデータ送信時には、この経路を利用して当該データを順次転送する。

このようにしてこのアドホックネットワーク10においては、データ送信元が、アプリケーションの要求や所望する経路品質の経路を使用経路として設定したり、その経路に対して生存時間の更新やフローIDの対応付け等を行い得るようになされ、これによりデータの属性に応じた細やかな経路設定や経路のメンテナンス等を行い得るようになされている。

#### (1-1-7) 経路アクティベーションにおけるCPU12の処理

ここで、経路アクティベーションにおける各ノードA～Eの上述のような各種

処理は図 1 3 に示す経路アクティベーション packets 送信処理手順 R T 5 に従った CPU 1 2 (図 2) の制御のもとに行われる。

實際上、経路アクティベーション packets 4 0 の送信元であるノード S において、CPU 1 2 は、ユーザの要求やデータ packets の送信状態に応じて指定された経路に対するアクティベートの要求を受けると、この経路アクティベーション packets 送信処理手順 R T 5 をステップ S P 5 0 において開始し、続くステップ S P 5 1 において、そのアクティベートの要求に応じた経路アクティベーション packets 4 0 を送信した後、ステップ S P 5 2 に進んで、当該送信時を基準にタイマ 1 6 (図 2) を起動する。

続いて CPU 1 2 は、ステップ S P 5 3 に進んで、所定方式の経路アクティベーションエラーを受信したか否かを判断する。そして CPU 1 2 は、このステップ S P 5 3 において肯定結果を得るとステップ S P 5 4 に進み、経路アクティベーション返答 packets 5 0 を受信したか否かを判断する。

ここでこのステップ S P 5 4 において肯定結果を得ることは、ノード S が経路アクティベーション返答 packets 5 0 を受信したことによって双方向での経路アクティベートが成功したことを意味し、このとき CPU 1 2 は、ステップ S P 5 5 に進んで、アクティベートした経路を介したデータの送信処理を開始した後、ステップ S P 5 6 に進んでこの経路アクティベーション packets 送信処理手順 R T 5 を終了する。

これに対してステップ S P 5 4 において否定結果を得ることは、経路アクティベーション返答 packets 5 0 を未だ受信していないことを意味し、このとき CPU 1 2 は、ステップ S P 5 7 に進んで、予め設定されたタイムアウト時間を超えたか否かをタイマ 1 6 (図 2) のカウント値に基づいて判断する。

このステップ S P 5 7 において肯定結果を得ると、このことはタイムアウトになったことを意味し、このとき CPU 1 2 は、ステップ S P 5 8 に進んで、経路アクティベーション packets 4 0 の再送処理を行うと共に、ステップ S P 5 9 に進んで、必要に応じて経路要求パラメータの再設定を行った後、再度ステップ S

P 5 2に戻って、この後同様の処理を繰り返す。

これに対してステップSP 5 7において否定結果を得ることは未だタイムアウトになっていないことを意味し、このときCPU 1 2は、ステップSP 5 3に戻って経路アクティベーションエラーの受信判断から順次同様の処理を繰り返す。

また上述したステップSP 5 3において、CPU 1 2が、肯定結果、すなわち経路アクティベーションエラーを受信したと判断した場合には、ステップSP 5 8に進んで、経路アクティベーション packets 4 0の再送処理を行う。

このようにして経路アクティベーション packets 4 0の送信元であるノードSのCPU 1 2は、ユーザの要求等に応じて他のノードA～Eに対する経路のアクティベートを行う。

一方、かかる経路アクティベーション packets 4 0を受信したノードA～EのCPU 1 2は、図1 4に示す経路アクティベーション packets 受信処理手順RT 6に従って経路のアクティベートを実行する。

すなわちノードA～EのCPU 1 2は、経路アクティベーション packets 4 0を受信すると、この経路アクティベーション packets 受信処理手順RT 6をステップSP 6 0において開始し、続くステップSP 6 1において、その経路アクティベーション packets 4 0の「Destination Address」のフィールド4 1に格納されたアドレスに基づいて、自己の経路テーブル3 0（図7）にこの経路アクティベーション packets 4 0のあて先までの経路エントリが存在するか否かを判断する。

そしてCPU 1 2は、このステップSP 6 1において肯定結果を得るとステップSP 6 2に進み、その経路エントリに含まれる各経路リスト3 2の中に経路要求パラメータに合致した次ホップが存在するか否かを判断する。すなわちCPU 1 2は、経路アクティベーション packets 4 0のあて先までの経路の中に経路要求パラメータとして規定された経路品質等の全ての条件を満たす経路が存在するか否かを判断する。

このステップSP 6 2において肯定結果を得ることは、経路要求パラメータと

して規定された条件を満たす経路が存在することを意味し、このときCPU12は、ステップSP63に進んで、この次ホップ（経路）を正規の経路として設定すると共に、その経路に対して生存時間等の必要な設定を行った後、続くステップSP64に進んで、経路アクティベーション packets 40の「Hop Count」のフィールド41<sub>4</sub>に格納されたホップ数を「1」増加させる。

続いてCPU12は、ステップSP65に進んで、その経路アクティベーション packets 40の「Destination Address」のフィールド41<sub>6</sub>に格納されたアドレスに基づいて、当該経路アクティベーション packets 40のあて先がノードであるか否かを判断し、肯定結果を得ると、ステップSP66に進んで、この経路アクティベーション packets 40に対する経路アクティベーション応答 packets 50を生成し、これをアクティベートした経路のノードC、Eに送信した後、ステップSP67に進んでこの経路アクティベーション packets 受信処理手順RT6を終了する。

これに対してCPU12は、ステップSP65において否定結果を得ると、ステップSP68に進んで、経路アクティベーション packets 50をアクティベートした経路のノードA～Eに対して送信（ユニキャスト）した後、ステップSP67に進んでこの経路アクティベーション packets 受信処理手順RT6を終了する。

一方、上述したステップSP61において否定結果を得ることは、自己の経路テーブル30（図7）にこの経路アクティベーション packets 40のあて先ノード（ノードD）までの経路エントリが存在しないことを意味し、このときCPU12は、ステップSP69に進んで、経路アクティベーションエラーをこの経路アクティベーション packets 40の送信元であるノードSに対して送信した後に、ステップSP67に進んでこの経路アクティベーション packets 受信処理手順RT6を終了する。

さらに上述したステップSP62において否定結果を得ることは、自己の経路テーブル30に登録されている当該経路アクティベーション packets 40のあて

先ノード（ノードD）までの経路エントリに含まれる経路リスト30の中に経路要求パラメータとして規定された条件を満たす次ホップ（経路）が存在しないことを意味し、このときCPU12は、ステップSP69に進んで、この経路アクティベーション packets 40の送信元であるノードSに対して経路アクティベーションエラーを送信した後に、ステップSP67に進んでこの経路アクティベーション packets 受信処理手順RT6を終了する。

このようにして経路アクティベーション packets 40を受信した各ノードA～EのCPU12は、経路アクティベーション packets 40に含まれる経路要求パラメータに応じた経路をアクティベートする。

#### （1-2）第1の実施の形態の動作及び効果

以上の構成において、このアドホックネットワークシステム10では、データ通信開始時に各ノードA～E、Sにおいて複数の経路をそれぞれ設定すると共に、これら複数の経路に優先順位を付け、データの送信時にはそのうちの優先順位の最も高い経路を用いて通信を行う。

従って、このアドホックネットワークシステム10では、リアルタイムストリームデータ、例えばVoIPや動画像などを送受する場合において、ノードA～E、S間に通信障害が発生した場合においても迅速に別の経路に切り換えて安定した通信を行うことができる。

以上の構成によれば、データ通信開始時に各ノードA～E、Sにおいて複数の経路をそれぞれ設定すると共に、これら複数の経路に優先順位を付け、データの送信時にはそのうちの優先順位の最も高い経路を用いて通信を行うようにしたことにより、ノードA～E、S間に通信障害が発生した場合においても迅速に別の経路に切り換えて安定した通信を行うことができ、かくして信頼性の高いアドホックネットワークシステムを実現できる。

また、このアドホックネットワークシステム1では、データ通信開始時に各ノードA～E、Sにおいて複数の経路をそれぞれ設定した後、データの送信元となるノードSがアプリケーションの要求等に応じた経路要求パラメータを格納した



経路アクティベーション packets 40 を発信する。そしてこの経路アクティベーション packets 40 を受信した各ノード A～E は、この経路アクティベーション packets 40 に含まれる経路要求パラメータに基づき、その条件を満たす経路を通信経路として設定したり、その経路に対して必要な設定を行う。

従って、このアドホックネットワークシステム 10 では、データ通信開始時に各ノード A～E、S において作成された複数の経路の中から、データ送信元のアプリケーションの要求等や、データパケットの属性等に応じた経路の設定を自由に行うことができ、その分最適な使用経路をすることができる。

以上の構成によれば、データ通信開始時に各ノード A～E、S において複数の経路をそれぞれ設定した後、データの送信元となるノード S がアプリケーションの要求等に応じた経路要求パラメータを格納した経路アクティベーション packets 40 を発信し、これを受信した各ノード A～E が当該経路アクティベーション packets 40 に含まれる経路要求パラメータに基づき、その条件を満たす経路を通信経路として設定したり、その経路に対して必要な設定を行うようにしたことにより、最適な使用経路を設定することができ、かくして信頼性の高いアドホックネットワークシステムを実現し得る。

### (1-3) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、本発明を、AODV プロトコルのアドホックネットワーク 10 及びこれを構成するノード A～E、S に適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、複数の通信端末により構成され、第 1 の通信端末から発信されて第 2 の通信端末を経由して第 3 の通信端末に送信される第 1 のメッセージ及び当該第 1 のメッセージに対して第 3 の通信端末から発信されて第 2 の通信端末を経由して第 1 の通信端末に送信される第 2 のメッセージに基づいて、第 1 乃至第 3 の通信端末が第 1 又は第 3 の通信端末までの経路をそれぞれ作成し、当該作成した経路を介して第 1 及び第 3 の通信端末間で通信する通信システム及び当該通信システムを構成する通信端末装置に広く適用することができる。

また上述の実施の形態においては、経路要求メッセージ 20 (図 3) や経路応答メッセージ 23 (図 6) というメッセージを重複して受信することによりその送信元までの経路を複数作成する経路作成手段と、作成された複数の経路を記憶し、管理する経路管理手段と、他のノード A~E、S との間で通信を行う通信手段との機能を有する各ノード A~E、S の通信機能ブロック 11 を、図 2 のように構成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の構成を広く適用することができる。

さらに上述の実施の形態においては、優先順位を設定する基準としてホップ数を適用し、当該ホップ数が少ない経路に高い優先順位を設定するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、経路の品質を基準とするようにしても良く、かかる基準としては例えばホップ数と経路の品質とを複合的に判断するなど、この他使用目的に応じて種々の基準を広く適用することができる。

なおこの場合において、ホップ数以外の事項を基準として経路に優先順位を設定する場合には、各ノード A~E、S において、経路テーブル 30 (図 7) の「Minimum Hop Count」及び「Maximum Hop Count」の各フィールド 31<sub>1</sub>、31<sub>2</sub>に、作成された各経路のうちのその基準の最小値及び最大値を格納するようにすれば良い。

さらに上述の実施の形態においては、経路の優先順位をその経路のホップ数に応じて固定的に設定するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この基準を通信状態やパケットエラー率等の経路の品質などに基づき動的に変更し、これに応じて各経路に対する優先順位を再設定するようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、各ノード A~E、S において、複数作成した各経路のエントリをリスト化して管理するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えばこれら複数経路の各エントリをテーブル化して一体に管理するようにしても良い。ただし、実施の形態のように各経路ごとにリスト化することによって、優先順位に応じて経路の順番を並べ替える際の処理が容易となる利点がある。

またこの場合において、上述の実施の形態においては、各経路リスト32のエントリとして、その経路のホップ数、次ホップ、生存時間、その経路の品質及び次の経路リストへのポインタを経路ごとに保持するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、これらに加え又は代えてこれら以外の情報をその経路に関する情報として保持するようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、経路要求メッセージ20として図3のようなフォーマットを適用し、当該経路要求メッセージ20を中継した各ノードA～C、Eが中継ノードリスト21のフィールド22を順次拡張しながら当該中継ノードリスト21に自己のアドレスを記述するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、経路要求メッセージ20のフォーマットとしてはこれ以外のフォーマットであっても良く、また経路要求メッセージ20を中継した各A～C、Eが自己のアドレス以外のそのネットワークシステムにおいて自己を識別できる何らかの識別情報を記述するようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、経路応答メッセージ23として図6のようなフォーマットを適用し、当該経路応答メッセージ23の「RREP ID」のフィールド24にその送信元ノードのアドレスを記述するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、経路応答メッセージ23のフォーマットとしてはこれ以外のフォーマットであっても良く、またその送信元が「RREP ID」のフィールド24に自己のアドレス以外のそのネットワークシステムにおいて自己を識別できる何らかの識別情報を記述するようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、データの送信元であるノードSが当該データの送信先であるノードDとの通信に使用する経路に対する要求でなる経路要求を格納する経路アクティベーションパケット40及びこれに対するノードDの応答である経路アクティベーション応答パケット50を図12のようなフォーマットとするようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々のフォーマットを広く適用することができる。

さらに上述の実施の形態においては、経路アクティベーションパケット40に

格納する経路要求パラメータとして、経路品質、その経路に設定すべきフローID、その経路に設定すべき生存時間及びアプリケーション等からの要求を適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の条件やその経路に設定すべき事項を適用することができる。

さらに上述の実施の形態においては、自ノードがデータの送信元である場合に、経路品質等の経路に対する要求である経路要求（経路要求パラメータ）を送信する経路要求送信手段として機能し、自ノードが中継ノードである場合に、第1のメッセージとしての経路要求メッセージ20及び第2のメッセージとしての経路応答メッセージ23をそれぞれ重複して受信することによりデータの送信元及び送信先までの経路をそれぞれ複数作成する経路作成手段と、これら複数の経路のうち、ノードSから送信された経路要求を満たす経路をノードS及びノードD間の通信経路として設定する経路設定手段として機能し、自ノードがデータの送信先ノードである場合に、経路アクティベーション packets 40を受信したときにその応答である経路アクティベーション応答 packets 50を発信する応答発信手段として機能する各ノードA～E、Sの通信機能ブロック11を図2のように構成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の構成を広く適用することができる。

さらに上述の実施の形態においては、データの送信元であるノードSと、当該データの送信先であるノードDとの間の通信経路を1つのみ設定するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えば図15に示すように、フローIDの異なる複数の通信経路を設定し、データの属性等に応じてこれら複数の通信経路を使い分けるようにしても良い。このようにすることによって、無線周波数の効率的な利用が可能となり、結果としてスループットを向上させることができる。

さらに上述の実施の形態においては、本発明をノードS及びノードD間の通信経路を設定する場合に適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えば経路のメンテナンスに本発明を利用するようにしても良い。

すなわち、一般にアドホックネットワークにおける経路は使用されない時間が長いと自動的に削除されてしまうことが多く、ルーティングプロトコルにより複数の経路が設定できたとしても結局使用されないまま経路テーブルから消えてしまう経路が多く存在する。そこで、定期的に経路アクティベーションを行い経路の生存時間を更新することでこの問題を解決することができる。

實際上、この場合には、経路アクティベーション packets 40 の「Lifetime」のフィールド 4110 に所望する新規に設定すべき生存時間を格納し、図 13 について上述した経路アクティベーション packets 送信処理手順 RT5 及び図 14 について上述した経路アクティベーション packets 受信処理手順 RT6 に従い各ノード A～E、S が処理を行うようにすれば良い。ただし、この場合において、経路アクティベーション packets 40 は、ユニキャストであって先ノードまで送信するのではなく、経路リスト 32 が登録された各経路のノード A～E、S に対してマルチキャストで送信するようにし、あて先ノードは最初に受け取った経路アクティベーション packets 40 に対してのみ返答を行うようにすれば良い。このように経路の生存時間を定期的に更新することで、複数経路の効果的な使用が可能となる。

また、経路アクティベーション packets 40 を経路の統計的な情報を収集するために使用するようにしても良い。例えば、経路アクティベーション packets 40 や経路アクティベーション応答 packets 50 の中に経路品質値の合計を保存するフィールドを用意しておき、ホップするごとに各ノード A～C、E において経由した経路品質の値を加算するようにする。かくして経路アクティベーション packets 40 の送信元であるノード S において合計値をホップ数で割ることにより、そのときの各ノード間の経路品質の平均値を得ることができる。そしてノード S がこの平均値を、複数経路が開くティベーションされたときに利用するようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、ノード S からノード D への一方向通信が行われる場合を前提とした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ノ

ドS及びノードD間において双方向通信が行われる場合にも適用することができる。この場合において、各ノードA～E、SのCPU12が経路アクティベーション packets 40及び経路アクティベーション応答 packets 50に基づき、ノードSからノードDまでの通信経路と、ノードDからノードSまでの通信経路とが異なるように別個に設定するようにしても良く、このようにすることによって、ノードS及びノードD間において効率の良い通信を行うことができる。なお、このための具体的手法としては、経路アクティベーション応答 packets 50を受信したノードA～C、E、Sが自己の経路テーブル30において既にその送信先のノードSまでの経路を正規化（設定）しているか否かを調べ、正規化している場合にはその送信元のノードDまでの経路として他の経路を選択するようにすれば良い。

## (2) 第2の実施の形態

以下、本発明の第2の一実施の形態を詳述する。

### (2-1) アドホックネットワークシステム60の構成

図16において、60は本実施の形態によるアドホックネットワークシステムを示し、経路が切断される前に代替経路を発見及び確立する点を除いて、図25について上述したアドホックネットワークシステム1とほぼ同様の構成を有する。

この場合、アドホックネットワークシステム60においては、図25について上述した経路発見プロセスにより、AV (Audio Video) 等の送信データの送信元となるノードSから送信先となるノードDまでの間に存在する複数の通信経路のうち、例えばノードA及びCを順次経由する通信経路（図中、太線で示す）を確立する。そしてノードSは、送信データをデータパケットとして順次通信経路を介してノードDに転送するようになされている。

この状態において、通信経路上に介在するノードA～C、Eは、上流側の他のノードS、A～Eとの間の経路（例えばノードAであれば、上流側の経路としてノードB及びCとの間の経路）における通信の切断兆候を切断前触れ状態として

検出するようになされている。

ここで、例えば図 17 に示すように、ノード A は、上流側のノード B との経路における切断前触れ状態を検出すると、当該切断前触れ状態を通知するための制御メッセージ（以下、これをリンク状態通知メッセージと呼ぶ）LM を生成し、これをノード S にユニキャストする。

この場合、ノード S は、ノード A からユニキャストされるリンク状態通知メッセージ LM に基づいて、現在の通信経路から代替経路に変更するか否かを決定する。

そしてノード S は、代替経路に変更すると決定した場合には、切断前触れ状態よりも良好な状態にある経路を設定するように制御するための制御メッセージ（以下、これを拡張型経路要求メッセージと呼ぶ）を生成する。この拡張型経路要求メッセージは、上述の経路要求メッセージ 2（図 26）に切断前触れ状態を表すフィールドを拡張して構成される。

そしてノード S は、この拡張型経路要求メッセージをブロードキャストすることにより経路発見プロセスを開始する。この場合、かかる拡張型経路要求メッセージを受け取った各ノード A～C、及び E は、経路テーブル 4（図 27）に逆向き経路の経路エントリを挿入する（エントリ挿入処理）前に、その拡張型経路要求メッセージをブロードキャストしてきたノードとの間における経路の通信状態が切断前触れ状態よりも良好であるか否かを判定する。

そして各ノード A～C、及び E は、判定結果として良好でなかった場合にはこの拡張型経路要求メッセージを破棄し、これに対して良好であった場合には、従来の場合と同様のエントリ挿入処理を行って経路エントリを経路テーブル 4（図 27）に挿入し、当該拡張型経路要求メッセージが自己宛のものでない場合にブロードキャストを行う。

従って、各ノード A～C、及び E では、切断前触れ状態よりも良好な状態にある経路のみが逆向き経路としてそれぞれ設定されることとなる。

やがて、拡張型経路要求メッセージがノード D にまで伝達すると、ノード D は

この拡張型経路要求メッセージの応答として、図 25 (C) で上述した従来と同じ経路応答メッセージ 6 (図 28) を生成する。この経路応答メッセージ 6 は、図 25 (C) で上述した場合と同様の処理により例えばノード E 及びノード B を経由してノード S にまで順次ユニキャストされる。

そしてノード S は、この経路応答メッセージ受け取った時点で、このときノード A に転送していたデータパケットをノード B に変更する。この結果、切断前触れ状態にある経路 (A-C) が切断してしまう前に、データパケットの転送ルートが通信経路 (S-A-C-D) から代替経路 (S-B-E-D) に切り替わる。

このようにしてアドホックネットワークシステム 60 においては、通信経路上に介在するノード A とノード C との間の経路が切断されてしまう前に、代替経路に切り替えることができるようになされている。

また、例えば図 18 に示すように、ノード S とノード D との間における複数の通信経路のうちノード C 及びノード E を順次経由する通信経路上の一部の経路 (C-E) が切断前触れ状態となった場合に、再度ノード S から経路発見プロセスを行うため、従来のローカルリペアのように切断元のノード (ノード A) を起点として迂回するようにしてホップ数の多い代替経路 (S-C-F-G-D) に切り替えることなく、最短のホップ数となる代替経路 (S-A-B-D) を確立することができるようになされている。

なお、各ノード A~E、S に搭載された通信機能ブロック 11 のハードウェア構成は、第 1 の実施形態 (図 2) にて説明したので、ここでは割愛する。

## (2-2) 各ノードの具体的な処理内容

ここで各ノードにおける各種具体的な処理内容を以下に説明する。

### (2-2-1) ノード A の状態通知処理

まず、ノード A とノード C との間の経路 (A-C (図 17)) における切断前触れ状態をノード S に通知するノード A の状態通知処理を説明する。

すなわちノード A の CPU 12 (図 2) は、まずノード C との経路における切



断前触れ状態を検出するようになされており、当該切断前触れ状態として、通信処理部 15 (図 4) に接続されたアンテナ ANT (図 2) の電波強度が第 1 の閾値 (以下、これを強度閾値と呼ぶ) 以下となる状態を検出する。

この強度閾値は、データパケットを通信できる限界と、通信経路から代替経路への切り替えに要する時間との関係を考慮して予め設定されており、具体的には最も良好な電波強度値を  $100 \text{ [V/m]}$  とした場合に、例えば  $23 \text{ [V/m]}$  に設定される。

具体的に CPU 12 は、アンテナ ANT の電波強度を所定周期で計測するようになされており、例えばノード C にデータパケットを転送するごとに、当該受けた時点でのアンテナ ANT における計測結果 (電波強度値) と、強度閾値とを比較する。そして CPU 12 は、この電波強度値が強度閾値以下であった場合に、当該電波強度値を切断前触れ状態として検出する。

かかる構成に加えて、CPU 12 は、切断前触れ状態として、データパケットの転送数に対する、当該データパケットの再転送要求数 (以下、これをパケットエラー率と呼ぶ) が第 2 の閾値 (以下、これをエラー閾値と呼ぶ) 以上となる状態を検出する。

このエラー閾値も強度閾値と同様に、データパケットを通信できる限界と、通信経路から代替経路への切り替えに要する時間との関係を考慮して予め設定されており、例えば  $15 \text{ []}$  に設定される。

具体的に CPU 12 は、ノード B に転送したデータパケット数と、当該データパケットの再転送をノード B から要求された回数とをそれぞれカウントし、このカウント数に基づいてパケットエラー率を計測するようになされている。

そして CPU 12 は、例えばノード C にデータパケットを転送するごとに、当該受けた時点でのパケットエラー率とエラー閾値とを比較し、当該パケットエラー率がエラー閾値以上であった場合に、このパケットエラー率を切断前触れ状態として検出する。

このようにして CPU 12 は、切断前触れ状態として、強度閾値以下となる電

波強度値と、エラー閾値以上となるパケットエラー率とのいずれか一方又は双方を検出すると、この検出結果に基づいて図19に示すリンク状態通知メッセージLMを生成する。

このリンク状態通知メッセージLMは、「Message ID」、「Originator Address」、「Source Address」、「Destination Address」、「Link Quality」、「Packet Error Rate」、「Route Status」及び「Comment」の各フィールド70<sub>1</sub>～70<sub>8</sub>から構成される。

そして「Message ID」フィールド70<sub>1</sub>には当該メッセージLMに付与された固有のメッセージID、「Link Quality」フィールド70<sub>5</sub>には強度閾値以下となる電波強度値電波強度値、「Packet Error Rate」フィールド70<sub>6</sub>にはエラー閾値以上となるパケットエラー率、「Route Status」フィールド70<sub>7</sub>には通信経路として用いられているか否かを表す経路使用の有無及び「Comment」フィールド70<sub>8</sub>には所定の拡張事項がそれぞれ格納される。

因みに強度閾値以下となる電波強度値電波強度値又はエラー閾値以上となるパケットエラー率のいずれか一方のみが検出された場合、当該検出されなかった他方の「Link Quality」フィールド又は「Route Status」フィールド70<sub>7</sub>には「0」が設定される。

そしてCPU12は、このようなリンク状態通知メッセージLMをノードSにユニキャストする。この結果、このリンク状態通知メッセージLM介して、どのノードがどれぐらい切断しそうな状態にあるか等が、ノードSに通知される。

この実施の形態の場合、CPU12は、タイマ16に基づいて、単位時間（以下、これをメッセージ通知期間と呼ぶ）にリンク状態通知メッセージLMを送信する回数を制限するようになされている。

これにより状態通知部21は、ノードSとノードAとの経路における通信状態として、リンク状態通知メッセージLMの占有率の増加によりデータパケットの

転送を妨げてしてしまうといった事態を未然に回避することができるようになっている。

このようにしてCPU12は、状態通知処理を実行することにより切断前触れ状態（強度閾値以下となる電波強度値又はエラー閾値以上となるパケットエラー率）をノードSに通知することができるようになされている。

ここで、上述したCPU12における状態通知処理は、図20に示す状態通知処理手順RT7に従って行われる。

すなわちCPU12は、ノードSから転送されたデータパケットを受け、この状態通知処理手順RT7をステップSP70において開始し、続くステップSP71において通信経路上の上流側のノードBに転送する。

そしてCPU12は、ステップSP72においてアンテナANTの電波強度値が強度閾値以下であるか否かを判定し、続くステップSP73においてパケットエラー率がエラー閾値以上であるか否かを判定する。

ここで、ステップSP72及びステップSP73のいずれでも否定結果が得られると、このことは切断前触れ状態ではなく良好な通信状態であることを意味し、このときCPU12は、ステップSP80に移ってこの状態通知処理手順RT7を終了する。

これに対して、ステップSP72及びステップSP73のいずれか一方でも肯定結果が得られると、このことは切断前触れ状態であることを意味し、このときCPU12は、次のステップSP74においてメッセージ通知期間であるか否かを判定し、否定結果が得られると、ステップSP75において当該メッセージ通知期間のタイマを設定する。

この後CPU12は、ステップSP76においてメッセージID (Message ID (図19)) を「1」増加させ、続くステップSP77において強度閾値以下の電波強度値又はエラー閾値以上のパケットエラー率を対応する「Link Quality」フィールド70<sub>5</sub> (図19)、「Route Status」フィールド70<sub>7</sub> (図19) にそれぞれ格納し、続くステップSP7

8において経路テーブル4（図27）等に基づいて残りの各フィールド70<sub>2</sub>～70<sub>4</sub>、70<sub>6</sub>、70<sub>8</sub>（図19）に対応する内容をそれぞれ格納することによりリンク状態通知メッセージLM（図19）を生成し、これをステップSP79においてノードSにユニキャストした後、次のステップSP80に移ってこの状態通知処理手順RT7を終了する。

一方、CPU12は、ステップSP74で肯定結果が得られると、ステップSP81において予め定めた送信回数を越えているか否かを判定する。ここでCPU12は、否定結果が得られた場合にのみ、上述のステップSP76～SP79の各処理を行ってリンク状態通知メッセージLMをノードSにユニキャストした後、次のステップSP80に移ってこの状態通知処理手順RT7を終了する。

このようにしてCPU12は、状態通知処理手順RT7に従って状態通知処理を実行することができるようになされている。

なお、ノードAにおける状態通知処理及びその手順RT7を上述したが、その他のノードB、C、EについてもノードAと同様に、状態通知処理手順RT1に従って状態通知処理を実行するようになされている。但し、この実施の形態の場合、ノードB、C、Eでは、上流側となる各経路が切断前触れ状態となっていないため、上述のステップSP70～SP71～SP72～SP73～SP80のループ処理を行う。

#### （2-2-2）ノードSの経路再設定要求処理

次に、リンク状態通知メッセージLMに基づいて、切断前触れ状態（強度閾値以下となる電波強度値又はエラー閾値以上となるパケットエラー率）よりも良好なリンク状態にある通信経路を設定するように制御するノードSの経路再設定要求処理を説明する。

すなわちノードSのCPU12は、ノードAからユニキャストされたリンク状態通知メッセージLMを受けると、図21に示すようなリンク状態テーブル71に基づいて、経路再設定要求の有無及び経路要求条件を決定する。

このリンク状態テーブル71は、リンク状態通知メッセージLMを送信したノ

ードごとに当該ノードの上流側となる経路の切断前触れ状態等を表しているものであり、「Destination Address」、「Originator Address」、「Message ID」、「Count」、「Link Quality」、「Packet Error Rate」、「Route Status」及びその他の各フィールド72<sub>1</sub>~72<sub>8</sub>から構成される。

そして「Count」フィールド72<sub>4</sub>にはリンク状態通知メッセージLMの受信回数が設定されるようになされており、初期値として「1」が設定された時点から単位時間を経過すると、再度初期値として「1」が設定されるようになっている。従って「Count」フィールド72<sub>4</sub>には単位時間当たりのリンク状態通知メッセージLMの受信回数（以下、これを単位時間受信回数と呼ぶ）が格納される。因みに、この単位時間受信回数は、ノードA（ノードB~D）においてメッセージ通知期間に送信するリンク状態通知メッセージLMの送信回数が制限されていることを考慮して適切な値に設定される。

實際上、CPU12は、ノードAから受け取ったリンク状態通知メッセージLMに含まれる「Destination Address」フィールド70<sub>4</sub>（図19）に基づいて、自己宛のリンク状態通知メッセージLMであるか否かを判定し、自己宛でない場合には「Originator Address」フィールド70<sub>2</sub>（図19）に格納された当該メッセージの送信元（ノードA）のアドレスがリンク状態テーブル71に存在するか否かを判断する。

そしてCPU12は、ノードAのアドレスが存在しない場合には、このとき受け取ったリンク状態通知メッセージLM（図19）の送信元アドレス（Originator Address）、当該メッセージLMに付与された固有のID（Message ID）、電波強度値（Link Quality）、パケットエラー率（Packet Error Rate）、使用経路の有無（Route Status）等を、新規レコードとしてリンク状態テーブル71の対応する各フィールド72<sub>1</sub>~72<sub>8</sub>に追加する。

またこのときCPU12は、新規レコードとして追加された「Count」フ

フィールドに初期値「1」を設定し、当該設定した時点からタイマ16をセットして、ノードAから送信されるリンク状態通知メッセージLMの単位時間受信回数を計測する。

一方、CPU12は、ノードAのアドレスが既に存在（即ちレコードとして存在）している場合には、リンク状態テーブル71のうちノードAのアドレスに対応する「Link Quality」及び「Packet Error Rate」の各フィールド72<sub>5</sub>、72<sub>6</sub>に設定されている値を、リンク状態通知メッセージLMの「Link Quality」及び「Packet Error Rate」の各フィールド70<sub>5</sub>、70<sub>6</sub>（図19）に設定されている値と平均化された統計的な値として更新すると共に、対応する「Count」フィールド72<sub>4</sub>を「1」増加させる。

ここでCPU12は、このとき増加した「Count」フィールド72<sub>4</sub>の単位時間受信回数が所定数を越えており、かつ、当該「Count」フィールド72<sub>4</sub>に対応する「Route Status」フィールド72<sub>7</sub>が使用された通信経路を表している場合には、経路再設定要求を行う必要があると決定する。

そしてCPU12は、このときリンク状態テーブル71の「Link Quality」及び「Packet Error Rate」の各フィールド72<sub>5</sub>、72<sub>6</sub>に設定されている値（電波強度値又はパケットエラー率）を経路要求条件として決定する。

その後CPU12は、この経路要求条件と経路テーブル4（図27）とに基づいて、図22に示す拡張型経路要求メッセージ73を生成する。

この拡張型経路要求メッセージ73は、経路要求メッセージ2（図26）の各フィールド3<sub>1</sub>～3<sub>9</sub>に、逆向き経路を設定する際の条件としてノードに要求する電波強度値（Required Link Quality）及びパケットエラー率（Required Packet Error Rate）の各フィールド74<sub>1</sub>、74<sub>2</sub>を付加して構成され、当該「Required Link Quality」及び「Required Packet Error Rat

e) の各フィールド 74<sub>1</sub>、74<sub>2</sub>には、対応する経路要求条件（電波強度値、パケットエラー率）が設定される。

そしてCPU 12は、このような拡張型経路要求メッセージ73をブロードキャストする。この結果、かかる拡張型経路要求メッセージ73を介して、このメッセージの電波強度値よりも大きい電波強度値及びこのメッセージのパケットエラー率よりも小さいパケットエラー率にある状態の経路が各ノードにおいて逆向き経路として設定されて、代替経路が設定されることとなる。

このようにCPU 12は、リンク状態通知メッセージLMの通知回数を単位時間ごとに計測し、当該計測結果が所定回数を超えたときのみ拡張型経路要求メッセージ73をブロードキャストすることにより、切断前触れ状態が直ちに復帰するような場合にまで代替経路に切り替えることを回避することができるようになされている。

またこのときCPU 12は、通知回数分の各切断前触れ状態（電波状態、パケットエラー率）の統計結果（平均値）よりも良好な状態にある経路を設定するような拡張型経路要求メッセージ73をブロードキャストすることにより、極端な電波状態、パケットエラー率でなる切断前触れ状態以上となる代替経路を設定させてしまうことを未然に回避して、極力状態の良い代替経路を設定させることができるようになされている。

このようにしてCPU 12は、経路再設定要求処理を実行することにより、切断前触れ状態（強度閾値以下となる電波強度値又はエラー閾値以上となるパケットエラー率）よりも良好なリンク状態である通信経路を設定するように制御することができるようになされている。

ここで、上述したCPU 12における経路再設定要求処理は、図23に示す経路再設定要求処理手順RT8に従って行われる。

すなわちCPU 12は、例えば経路発見プロセスを経て通信経路が確立されたことを認識すると、この経路再設定要求処理手順RT8をステップSP90から開始し、続くステップSP91においてノード（ノードA）からユニキャストされ

たリンク状態通知メッセージLMを受けたか否かを判定する。

ここでCPU12は、リンク状態通知メッセージLMを受けた場合には、次のステップSP92において、ステップSP91で受け取ったリンク状態通知メッセージLMに基づいて、リンク状態テーブル71（図21）に新規レコードを追加あるいは既に追加されたレコードの電波強度値（Link Quality）、パケットエラー率（Packet Error Rate）及び単位時間受信回数（Count）を更新する。

続いてCPU12は、このステップSP93においてステップSP92で更新（又は追加）した単位時間受信回数（Count）が所定回数以上であるか否かを判定し、続くステップSP94においてステップSP91で受け取ったリンク状態通知メッセージLMの発行元のノード（ノードA）を通る経路が使用経路（Route Status）であるか否かを判定する。

ここで、ステップSP93及びステップSP94のいずれか一方でも否定結果が得られると、このことは通信経路上におけるノードの経路が良好な状態に復帰する可能性があるか、あるいは切断しそうなノードの経路が通信経路上ではないため、通信経路を代替経路に切り替える必要がないことを意味し、このときCPU12は、ステップSP91に戻って上述の処理を繰り返す。

これに対して、ステップSP93及びステップSP94のいずれでも肯定結果が得られると、このことは通信経路上におけるノードの経路が良好な状態に復帰しそうにないため、早急に通信経路を代替経路に切り替える必要があることを意味し、このときCPU12は、次のステップSP95に移る。

そしてCPU12は、このステップSP95においてリンク状態テーブル71（図21）に基づいて拡張型経路要求メッセージ73（図22）を生成し、これを経路再設定要求処理手順RT8を終了する。

このようにしてCPU12は、経路再設定要求処理手順RT8に従って経路再設定要求処理を実行することができるようになされている。



### (2-3) ノードA～C、Eの経路再設定処理

次に、かかる拡張型経路要求メッセージ73に基づいて、切断前触れ状態（強度閾値以下となる電波強度値又はエラー閾値以上となるパケットエラー率）よりも良好なリンク状態を設定するノードA～C、Eの経路再設定処理について説明する。

すなわちノードA～C、EのCPU12は、上述の状態通知処理について上述したように電波強度値及びパケットエラー率の計測するようになされており、拡張型経路要求メッセージ73を受けると、当該受けた時点での電波強度値及びパケットエラー率の計測結果と、拡張型経路要求メッセージ73（図22）に含まれる経路要求条件（「Required Link Quality」及び「Required Packet Error Rate」の各フィールド74<sub>1</sub>、74<sub>2</sub>に設定されている電波強度値及びパケットエラー率）とを比較する。

ここで、電波強度値及びパケットエラー率の計測結果がいずれか一方でも経路要求条件に満たない場合には、拡張型経路要求メッセージ73をブロードキャストしたノードにおける上流側の経路は切断前触れ状態にある経路（A～C（図17））よりも悪い状態にある。従ってこの場合、CPU12は、拡張型経路要求メッセージ73を破棄する。

これに対して、電波強度値及びパケットエラー率の計測結果がいずれも経路要求条件に満たす場合には、拡張型経路要求メッセージ73をブロードキャストしたノードにおける上流側の経路は切断前触れ状態にある経路（A～C（図17））よりも良好な状態にある。

従ってこの場合、CPU12は、従来の場合と同様のエントリ挿入処理を行って経路エントリを経路テーブル2（図26）に挿入し、当該拡張型経路要求メッセージ73が自己宛のものでない場合に再ブロードキャストを行う。

このようにしてCPU12は、経路再設定処理を実行することにより、切断前触れ状態（強度閾値以下となる電波強度値又はエラー閾値以上となるパケットエラー率）よりも良好なリンク状態を設定することができるようになされている。

ここで、上述したCPU12における経路再探索処理は、図24に示す経路再探索処理手順RT10に従って行われる。

すなわちCPU12は、拡張型経路要求メッセージ73を受けると、この経路再探索処理手順RT10をステップSP100において開始し、続くステップSP101において二重受け取り防止のため、当該拡張型経路要求メッセージ73(RREQ ID(図22))を過去に一度も受けたことがないか否かを判定し、続くステップSP102において経路要求条件を満たす通信経路があるか否かを判定する。

ここで、ステップSP101及びステップSP102のいずれでも肯定結果が得られると、このことは拡張型経路要求メッセージ73をブロードキャストしたノードにおける上流側の経路は切断前触れ状態にある経路(A-C(図17))よりも良好な状態にあることを意味し、このときCPU12は、次のステップSP103に移る。

そしてCPU12は、このステップSP103においてエントリ挿入処理を行って、拡張型経路要求メッセージ73に基づく経路エントリを経路テーブル2(図26)に挿入し、続くステップSP104において拡張型経路要求メッセージ73における「Destination Address」フィールド3<sub>6</sub>が自身のアドレスであるか否かを判定する。

ここでCPU12は、肯定結果を得た場合にはステップSP105において経路テーブル2に挿入されている経路エントリに対応するノードに経路応答メッセージ6(図28)をユニキャストし、これに対して否定結果を得た場合にはステップSP106において拡張型経路要求メッセージ73をブロードキャストした後、次のステップSP107に移ってこの経路再探索処理手順RT10を終了する。

一方、ステップSP101及びステップSP102のいずれか一方でも否定結果が得られた場合、このことは拡張型経路要求メッセージ73をブロードキャストしたノードにおける上流側の経路は切断前触れ状態にある経路(A-C(図1

7) ) よりも悪い状態にあることを意味し、このときCPU12は、ステップS P 1 0 8において拡張型経路要求メッセージ73を破棄した後、次のステップS P 1 0 7に移ってこの経路再探索処理手順R T 1 0を終了する。

このようにしてCPU12は、経路再探索処理手順R T 1 0に従って、経路再探索処理を実行することができるようになされている。

#### (2-4) 第2実施の形態の動作及び効果

以上の構成において、このアドホックネットワークシステム60は、送信元となるノードSから送信先のノードDまでの間における経路(A-B、A-C、…、C-D(図16))における切断前触れ状態を検出し、当該切断前触れ状態に該当する経路(A-C(図17))以外の経路を作成条件にしたメッセージを発信する。

従ってこのアドホックネットワークシステム60では、切断前触れ状態にある経路(A-C(図17))が切断される前に代わりの代替経路(S-B-E-D(図17))を確保して、ノードSとノードDとの間におけるデータパケットの転送状態を常に確保しておくことができるため、即時性を要求されるリアルタイム通信等の通信形態であった場合であっても有効に障害対策を行うことができる。

この場合、アドホックネットワークシステム60は、かかる切断前触れ状態を、電波強度とパケットエラー率との互いに異なる2つの通信指標に基づいて検出する。

従ってこのアドホックネットワークシステム60では、切断前触れ状態となる原因を2つの側面から検出することができるため、例えば電波状態が良好ではあるがデータパケットにおける転送処理能力以上のデータパケットの転送により経路が切断しそうな状態となっているような場合であっても、切断前触れ状態であることを確実に検出できることから、より有効に障害対策を行うことができる。

またこの場合、アドホックネットワークシステム60では、検出した切断前触れ状態よりも良好な状態にある経路を作成条件にしたリンク状態通知メッセージ

LM (図19) を生成し、当該メッセージLM (図19) を発信する。

従ってこのアドホックネットワークシステム60では、切断され難い代替経路を確保することができるため、何度も代替経路を作成する分の処理負荷や時間を回避することができることから、より有効に障害対策を行うことができる。

以上の構成によれば、送信元となるノードSから送信先のノードDまでの間における経路における切断前触れ状態を検出し、当該切断前触れ状態に該当する経路以外の経路を作成条件にしたメッセージを発信することにより、即時性を要求されるリアルタイム通信等の通信形態であった場合であっても有効に障害対策を行うことができ、かくして信頼性のある通信システムを実現することができる。

#### (2-5) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、本発明を、AODVプロトコルのアドホックネットワーク10及びこれを構成するノードA～E、Sに適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、複数の通信端末により構成され、第1の通信端末から発信されて第2の通信端末を経由して第3の通信端末に送信される第1のメッセージ及び当該第1のメッセージに対して第3の通信端末から発信されて第2の通信端末を経由して第1の通信端末に送信される第2のメッセージに基づいて、第1乃至第3の通信端末が第1又は第3の通信端末までの経路をそれぞれ作成し、当該作成した経路を介して第1及び第3の通信端末間で通信する通信システム及び当該通信システムを構成する通信端末装置に広く適用することができる。

また上述の実施の形態においては、データの上流側となる経路における通信の切断兆候を切断前触れ状態として検出し、当該切断前触れ状態を送信元に通知する状態通知手段(CPU12)として、強度閾値以下となる電波強度値と、エラー閾値以上となるパケットエラー率とのいずれか一方又は双方を検出し、この検出結果に基づいて図5に示すリンク状態通知メッセージLMを介して通知するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の検出手法によって検出し、この他種々のフォーマットで通知することができる。この場合

、ルーティングプロトコルの一部として用いても良く、上位レイヤのメッセージと組み合わせて用いるようにしても良い。

なおこの場合、電波強度とパケットエラー率との2種類の通信指標に基づいて切断前触れ状態を検出するようにしたが、これに代えて例えば経路の使用頻度や使用経路の有無等を通信指標としたり、又はこれら等を電波強度とパケットエラー率に加えるようにしても良く、さらには各種通信指標の組み合わせを通信状態に応じて適宜変更するようにしても良い。このようにすれば、よりの確に切断前触れ状態を検出することができる。

さらに上述の実施の形態においては、第2の通信端末から通知される切断前触れ状態に該当する経路以外の経路を作成条件にしたメッセージを生成し、当該メッセージを発信するメッセージ発信手段(CPU12)として、切断前触れ状態よりも良好な状態にある経路を作成条件にしたメッセージを生成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は、第2の通信端末から通知される切断前触れ状態に該当する経路以外の経路を作成条件にしたメッセージを生成し、当該メッセージを発信するようにすれば良い。この場合、作成条件としては、上述の通信指標に合わせて種々の条件を決定することができる。

なおこの場合、切断前触れ状態よりも良好な状態にある経路を作成条件にしたメッセージを生成する際に、切断前触れ状態の通知回数を単位時間ごとに計測し、当該計測結果が所定回数を超えたとき、図22に示した拡張型経路要求メッセージ73を生成するようにしたが、この他種々の計測手法により計測するようにしても良く、また拡張型経路要求メッセージ73のフォーマットとしてはこれ以外のフォーマットであっても良い。さらに拡張型経路要求メッセージ73は、ルーティングプロトコルの一部として用いても良く、上位レイヤのメッセージと組み合わせて用いるようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、予め設定したメッセージ通知期間におけるリンク状態通知メッセージLMの送信回数を制限するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えばデータパケットの転送回数を一単位と

して1回リンク状態通知メッセージLMを送信するように制限する等、要は、切断前触れ状態を第1の通信端末に通知する回数を所定の割合で制限するようにすれば良い。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、アドホックネットワークシステムその他、種々のネットワークシステムに適用することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 複数の通信端末により構成され、第1の通信端末から発信されて第2の通信端末を経由して第3の通信端末に送信されるメッセージに基づいて、上記第2及び第3の通信端末が上記第1の通信端末までの経路を作成し、当該作成した上記経路を介して上記第1及び第3の通信端末間で通信する通信システムにおいて、

上記第2及び第3の通信端末は、

上記メッセージを重複して受信することにより上記第1の通信端末までの上記経路を複数作成する経路作成手段と、

上記経路作成手段により作成された複数の上記経路を記憶し、管理する経路管理手段と

を具え、

上記経路管理手段は、

作成した上記複数の経路の中から1つの上記経路を上記第1の通信端末までの通信経路として設定する一方、当該通信経路を必要に応じて上記複数の経路のうちの他の上記経路に切り換える

ことを特徴とする通信システム。

2. 上記経路管理手段は、

作成した各上記経路に対して所定の基準に基づいて優先順位を設定し、当該優先順位の高い上記経路を優先的に上記通信経路に設定する

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の通信システム。

3. 所望する第1の通信端末を送信先とする所定のメッセージを送信する送信手段と、

上記第1の通信端末から発信され、第2の通信端末を経由して転送されてきた上記メッセージに対する応答を重複して受信することにより、上記第1の通信端

末までの経路を複数作成する経路作成手段と、

上記経路作成手段により作成された上記複数の経路を記憶し、管理すると共に、当該複数の経路の中から1つの上記経路を通信経路として設定する経路管理手段と、

設定された上記通信経路を通じて上記第1の通信端末と通信する通信手段とを具え、

上記経路管理手段は、

上記通信経路を必要に応じて上記複数の経路のうちの他の上記経路に切り換える

ことを特徴とする通信端末装置。

4. 上記通信手段は、

上記経路作成手段が最初の上記応答を受信後所定時間が経過し、又は上記第1の通信端末から所定数の上記返答を受信してから、当該第1通信端末との通信を開始する

ことを特徴とする請求の範囲第3項に記載の通信端末装置。

5. 上記経路管理手段は、

作成した各上記経路に対して所定の基準に基づいて優先順位を設定し、当該優先順位の高い上記経路を優先的に上記通信経路に設定する

ことを特徴とする請求の範囲第3項に記載の通信端末装置。

6. 上記経路管理手段は、

作成した各上記経路の所定情報をリスト化して管理する

ことを特徴とする請求の範囲第3項に記載の通信端末装置。

7. 上記経路管理手段は、



上記経路の通信状況に応じて上記基準を動的に変更し、作成した各上記経路に対する上記優先順位を再設定する

ことを特徴とする請求の範囲第4項に記載の通信端末装置。

8. 上記経路管理手段は、

作成した上記複数の経路のうち、所定時間使用されない上記経路を削除することを特徴とする請求の範囲第3項に記載の通信端末装置。

9. 上記経路管理手段は、

作成した上記経路が予め定められた最大数を超えたときは、時間的に古い上記経路から順に削除する

ことを特徴とする請求の範囲第3項に記載の通信端末装置。

10. 所望する第1の通信端末を送信先とする所定のメッセージを送信する第1のステップと、

上記第1の通信端末から発信され、第2の通信端末を経由して転送されてきた上記メッセージに対する応答を重複して受信することにより上記第1の通信端末までの経路を複数作成する第2のステップと、

作成された複数の上記経路の中から1つの上記経路を通信経路として設定し、当該通信経路を通じて上記第1の通信端末と通信する第3のステップと

を具え、

上記第3のステップでは、

上記通信経路を必要に応じて上記複数の経路のうちの他の上記経路に切り換える

ことを特徴とする通信端末装置の制御方法。

11. 所望する第1の通信端末を送信先とする所定のメッセージを送信する第1

のステップと、

上記第 1 の通信端末から発信され、第 2 の通信端末を経由して転送されてきた上記メッセージに対する応答を重複して受信することにより上記第 1 の通信端末までの経路を複数作成する第 2 のステップと、

作成された複数の上記経路の中から 1 つの上記経路を通信経路として設定し、当該通信経路を通じて上記第 1 の通信端末と通信すると共に、当該通信経路を必要に応じて上記複数の経路のうちの他の上記経路に切り換える第 3 のステップとを具える処理をコンピュータに実行させるためのプログラム。

12. 第 1 の通信端末から発信されたメッセージを中継して第 2 の通信端末に送信すると共に、当該メッセージに基づいて、上記第 1 の通信端末までの経路を作成する通信端末装置において、

上記メッセージを重複して受信することにより上記第 1 の通信端末までの上記経路を複数作成する経路作成手段と、

上記経路作成手段により作成された複数の上記経路を記憶し、管理する経路管理手段と

を具え、

上記経路管理手段は、

作成した上記複数の経路の中から 1 つの上記経路を上記第 1 の通信端末までの通信経路として設定する一方、当該通信経路を必要に応じて上記複数の経路のうちの他の上記経路に切り換える

ことを特徴とする通信端末装置。

13. 第 1 の通信端末から発信されたメッセージを中継して第 2 の通信端末に送信すると共に、当該メッセージに基づいて、上記第 1 の通信端末までの経路を作成する通信端末装置の制御方法において、

上記メッセージを重複して受信することにより上記第 1 の通信端末までの上記

経路を複数作成する第 1 のステップと、

作成された複数の上記経路を記憶し、管理する第 2 のステップと

を具え、

上記第 2 のステップでは、

作成した上記複数の経路の中から 1 つの上記経路を上記第 1 の通信端末までの通信経路として設定する一方、当該通信経路を必要に応じて上記複数の経路のうちの他の上記経路に切り換える

ことを特徴とする通信端末装置の制御方法。

14. 複数の通信端末により構成され、第 1 の上記通信端末から発信されて第 2 の上記通信端末を経由して第 3 の上記通信端末に送信される第 1 のメッセージ及び当該第 1 のメッセージに対して上記第 3 の通信端末から発信されて上記第 2 の通信端末を経由して上記第 1 の通信端末に送信される第 2 のメッセージに基づいて、上記第 1 乃至第 3 の通信端末が上記第 1 又は第 3 の通信端末までの経路をそれぞれ作成し、当該作成した上記経路を介して上記第 1 及び第 3 の通信端末間で通信する通信システムにおいて、

上記第 1 の通信端末は、

上記第 3 の通信端末との上記通信に使用する上記経路に対する要求でなる経路要求を送信する経路要求送信手段を具え、

上記第 2 及び第 3 の通信端末は、

上記第 1 又は第 2 のメッセージをそれぞれ重複して受信することにより上記第 1 又は第 3 の通信端末までの上記経路をそれぞれ複数作成する経路作成手段と、上記経路作成手段により作成された上記複数の経路のうち、上記第 1 の通信端末から送信された上記経路要求を満たす上記経路を、上記第 1 及び第 3 の通信端末間の通信経路として設定する経路設定手段とを具える

ことを特徴とする通信システム。

15. 上記第1の通信端末の上記経路要求送信手段は、  
上記通信により上記第3の通信端末に送信すべきデータの属性に応じた上記経路要求を送信する  
ことを特徴とする請求の範囲第14項に記載の通信システム。

16. 上記第3の通信端末は、  
上記経路要求の受信を受信したとき、当該経路要求に対する応答を発信する応答発信手段を具え、  
上記第1の通信端末は、  
上記第2の通信端末を介して送信される上記第3の通信端末からの上記応答に基づいて、上記経路要求を満たす上記経路を上記第3の通信端末との間の上記通信経路として設定する経路設定手段を具え、  
上記第1乃至第3の通信端末の上記経路設定手段は、  
上記経路要求及び当該経路要求に対する上記応答に基づいて、上記第1の通信端末から上記第3の通信端末までの上記通信経路と、上記第3の通信端末から上記第1の通信端末までの上記通信経路とが異なるように別個に設定する  
ことを特徴とする請求の範囲第14項に記載の通信システム。

17. 上記第1の通信端末の経路要求送信手段は、  
上記経路の生存時間の更新を要求する上記経路要求を送信し、  
上記第2及び上記第3の通信端末の上記経路設定手段は、  
当該経路要求に応じて対応する上記経路の上記生存時間を更新する  
ことを特徴とする請求の範囲第14項に記載の通信システム。

18. 上記第1の通信端末の上記経路要求送信手段は、  
上記経路要求の再送を行う場合は、当該経路要求として規定した条件を緩和するように変更する

ことを特徴とする請求の範囲第 14 項に記載の通信システム。

19. 所望する第 1 の通信端末を送信先とする所定の第 1 のメッセージを送信する送信手段と、

上記第 1 の通信端末を送信先として、当該第 1 の通信端末との通信に使用する上記経路に対する要求でなる経路要求を送信する経路要求送信手段とを具えることを特徴とする通信端末装置。

20. 上記経路要求送信手段は、

上記第 1 の通信端末に送信すべきデータの属性に応じた上記経路要求を送信する

ことを特徴とする請求の範囲第 19 項に記載の通信端末装置。

21. 上記経路要求送信手段は、

上記経路要求の再送を行う場合に、当該経路に対する要求を緩和するように変更する

ことを特徴とする請求の範囲第 19 項に記載の通信端末装置。

22. 第 1 の通信端末から発信された第 1 のメッセージ又は当該第 1 のメッセージに対して第 2 の通信端末から発信された第 2 のメッセージをそれぞれ重複して受信することにより、上記第 1 及び第 2 の通信端末までの経路を複数作成する経路作成手段と、

上記第 1 の通信端末から発信される上記第 2 の通信端末との通信に使用する上記経路に対する要求でなる経路要求に基づいて、上記経路作成手段により作成された上記複数の経路のうちの当該経路要求を満たす上記経路を、上記第 1 及び第 3 の通信端末間の通信経路として設定する経路設定手段と

を具えることを特徴とする通信端末装置。

23. 上記経路設定手段は、

上記経路要求及び当該経路要求に対して上記第2の通信端末から発信される応答に基づいて、上記第1の通信端末から上記第2の通信端末までの上記通信経路と、上記第2の通信端末から上記第1の通信端末までの上記通信経路とが異なるように別個に設定する

ことを特徴とする請求の範囲第22項に記載の通信端末装置。

24. 上記経路設定手段は、

上記経路要求に基づいて、対応する上記経路の生存時間を更新する

ことを特徴とする請求の範囲第22項に記載の通信端末装置。

25. 第1の通信端末から発信された第1のメッセージ又は当該第1のメッセージに対して第2の通信端末から発信された第2のメッセージをそれぞれ重複して受信することにより、上記第1及び第2の通信端末までの経路を複数作成する第1のステップと、

上記第1の通信端末から発信される上記第2の通信端末との上記通信に使用する上記経路に対する要求でなる経路要求に基づいて、作成した上記複数の経路のうちの当該経路要求を満たす上記経路を、上記第1及び第3の通信端末間の通信経路として設定する第2のステップと

を具えることを特徴とする通信端末装置の制御方法。

26. 第1の通信端末から発信された自己をアて先とする第1のメッセージを重複して受信することにより、上記第1の通信端末までの経路を複数作成する経路作成手段と、

上記第1の通信端末から発信される自己との通信に使用する上記経路に対する要求でなる経路要求に基づいて、上記経路作成手段により作成された上記複数の

経路のうちの当該経路要求を満たす上記経路を、上記第 1 の通信端末との間の通信経路として設定する経路設定手段と

を具えることを特徴とする通信端末装置。

27. 複数の通信端末により構成され、第 1 の通信端末から発信されて第 2 の通信端末を経由して第 3 の通信端末に送信されるメッセージに基づいて、上記第 2 及び第 3 の通信端末が上記第 1 の通信端末までの経路を作成し、当該作成した上記経路を介して上記第 1 及び第 3 の通信端末間で通信する通信システムにおいて

上記第 2 の通信端末は、

上記メッセージの上流側となる上記経路における通信の切断兆候を切断前触れ状態として検出し、当該切断前触れ状態を上記第 1 の通信端末に通知する状態通知手段を具え、

上記第 1 の通信端末は、

上記第 2 の通信端末から通知される上記切断前触れ状態に該当する上記経路以外の上記経路を作成条件にした上記メッセージを生成し、当該メッセージを発信するメッセージ発信手段を具える

ことを特徴とする通信システム。

28. 上記状態通知手段は、

少なくとも 2 以上の異なる通信指標に基づいて上記切断前触れ状態を検出することを特徴とする請求の範囲第 27 項に記載の通信システム。

29. 上記状態通知手段は、

上記第 1 の通信端末に通知する上記切断前触れ状態の回数を所定の割合で制限する

ことを特徴とする請求の範囲第 27 項に記載の通信システム。

30. 上記メッセージ発信手段は、

上記切断前触れ状態よりも良好な状態にある上記経路を作成条件にした上記メッセージを生成する

ことを特徴とする請求の範囲第27項に記載の通信システム。

31. 上記メッセージ発信手段は、

上記第2の通信端末から通知される上記切断前触れ状態の通知回数を単位時間ごとに計測し、当該計測結果が所定回数を超えたとき、上記経路以外の上記経路を作成条件にした上記メッセージを生成する

ことを特徴とする請求の範囲第27項に記載の通信システム。

32. 上記メッセージ発信手段は、

上記第2の通信端末から通知される上記切断前触れ状態の通知回数を単位時間ごとに計測し、当該計測結果が所定回数を超えたとき、上記通知回数分の各上記切断前触れ状態の統計結果よりも良好な状態にある上記経路を作成条件にした上記メッセージを生成する

ことを特徴とする請求の範囲第31項に記載の通信システム。

33. 送信元の通信端末と送信先の通信端末との間に介在し、上記送信元の通信端末から発信されて上記送信先の通信端末に送信されるメッセージに基づいて上記送信元の通信端末までの経路を作成する通信端末装置において、

上記メッセージの上流側となる上記経路における通信の切断兆候を切断前触れ状態として検出し、当該切断前触れ状態を上記送信元の通信端末に通知する状態通知手段

を具備することを特徴とする通信端末装置。



34. 上記状態通知手段は、

少なくとも2以上の異なる通信指標に基づいて上記切断前触れ状態を検出することを特徴とする請求の範囲第33項に記載の通信端末装置。

35. 上記状態通知手段は、

上記送信元の通信端末に通知する上記切断前触れ状態の回数を所定の割合で制限する

ことを特徴とする請求の範囲第33項に記載の通信端末装置。

36. 送信元の通信端末と送信先の通信端末との間に介在し、上記送信元の通信端末から発信されて上記送信先の通信端末に送信されるメッセージに基づいて上記送信元の通信端末までの経路を作成する通信端末装置の通信方法において、

上記メッセージの上流側となる上記経路における通信の切断兆候を切断前触れ状態として検出する第1のステップと、

上記第1のステップで検出された上記切断前触れ状態を上記送信元の通信端末に通知する第2のステップと

を具えることを特徴とする通信方法。

37. 自身から送信先の通信端末に発信したメッセージに基づいて当該自身と送信先の通信端末との間に介在する通信端末によって自身までの経路が作成され、当該作成された上記経路を介して送信先の通信端末との間で通信する通信端末装置において、

上記介在する通信端末から上記メッセージの上流側となる上記経路における通信の切断兆候が切断前触れ状態として通知された場合に、上記切断前触れ状態に該当する上記経路以外の上記経路を作成条件とした上記メッセージを生成し、当該メッセージを発信するメッセージ発信手段

を具えることを特徴とする通信端末装置。

38. 上記メッセージ発信手段は、

上記切断前触れ状態よりも良好な状態にある上記経路を作成条件にした上記メッセージを生成する

ことを特徴とする請求の範囲第37項に記載の通信端末装置。

39. 上記メッセージ発信手段は、

上記介在する通信端末から通知される上記切断前触れ状態の通知回数を単位時間ごとに計測し、当該計測結果が所定回数を超えたとき、上記経路以外の上記経路を作成条件にした上記メッセージを生成する

ことを特徴とする請求の範囲第37項に記載の通信端末装置。

40. 上記メッセージ発信手段は、

上記介在する通信端末から通知される上記切断前触れ状態の通知回数を単位時間ごとに計測し、当該計測結果が所定回数を超えたとき、上記通知回数分の各上記切断前触れ状態の統計結果よりも良好な状態にある上記経路を作成条件にした上記メッセージを生成する

ことを特徴とする請求の範囲第39項に記載の通信端末装置。

41. 自身から送信先の通信端末に発信したメッセージに基づいて当該自身と送信先の通信端末との間に介在する通信端末によって自身までの経路が作成され、当該作成された上記経路を介して送信先の通信端末との間で通信する通信端末装置の通信方法において、

上記介在する通信端末から上記メッセージの上流側となる上記経路における通信の切断兆候が切断前触れ状態として通知された場合に、上記切断前触れ状態に該当する上記経路以外の上記経路を作成条件とした上記メッセージを生成する第1のステップと、

上記第1のステップで生成された上記メッセージを発信する第2のステップとを具えることを特徴とする通信方法。

42. 送信元の通信端末と送信先の通信端末との間に介在し、上記送信元の通信端末から発信されて上記送信先の通信端末に送信されるメッセージに基づいて上記送信元の通信端末までの経路を作成する通信端末装置のプログラムであって、  
上記メッセージの上流側となる上記経路における通信の切断兆候を切断前触れ状態として検出する第1のステップと、

上記第1のステップで検出された上記切断前触れ状態を上記第1の通信端末に通知する第2のステップと

を具える処理を実行させるためのプログラム。

43. 自身から送信先の通信端末に発信したメッセージに基づいて当該自身と送信先の通信端末との間に介在する通信端末によって自身までの経路が作成され、当該作成された上記経路を介して送信先の通信端末との間で通信する通信端末装置のプログラムであって、

上記介在する通信端末から上記メッセージの上流側となる上記経路における通信の切断兆候が切断前触れ状態として通知された場合に、上記切断前触れ状態に該当する上記経路以外の上記経路を作成条件とした上記メッセージを生成する第1のステップと、

上記第1のステップで生成された上記メッセージを発信する第2のステップとを具える処理を実行させるためのプログラム。

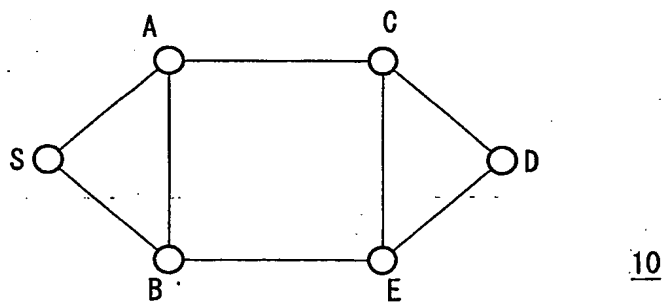


図 1

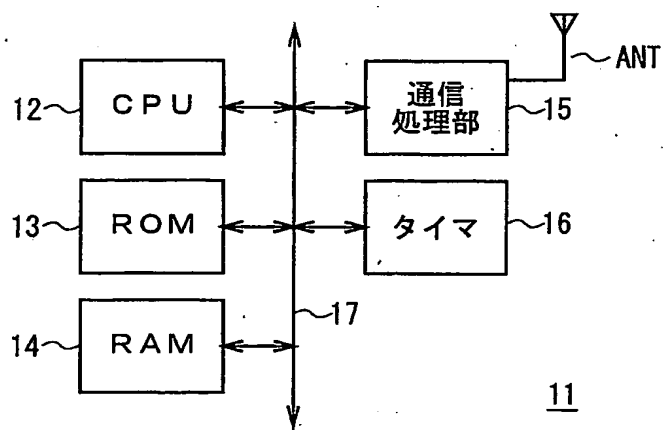


図 2

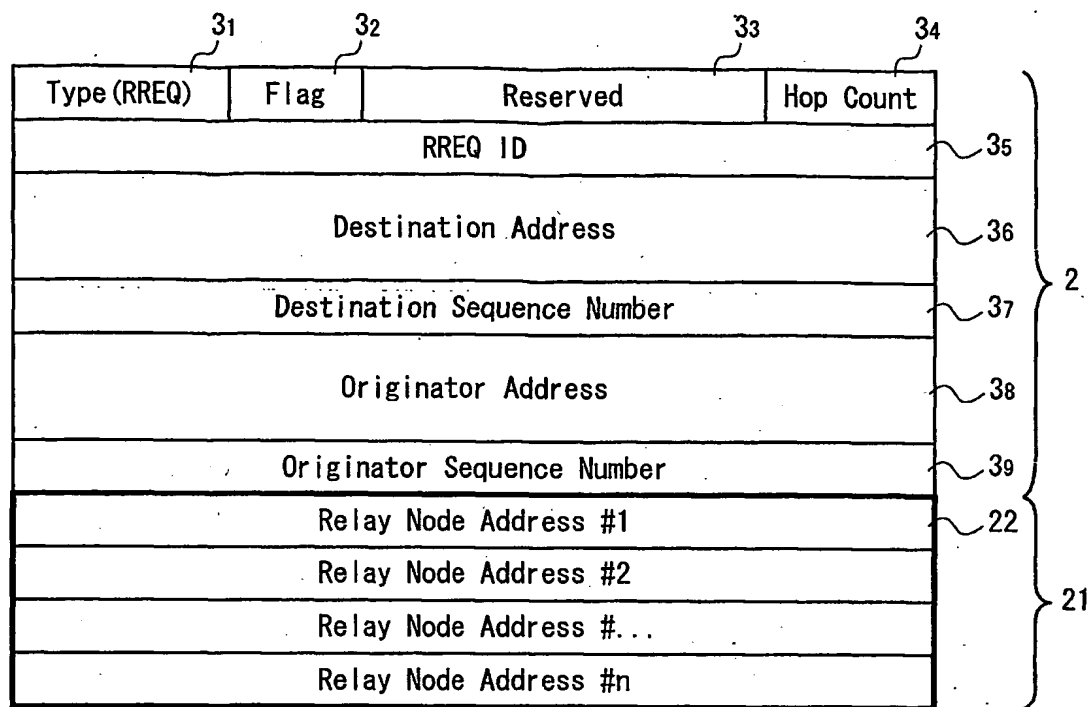
20

図 3

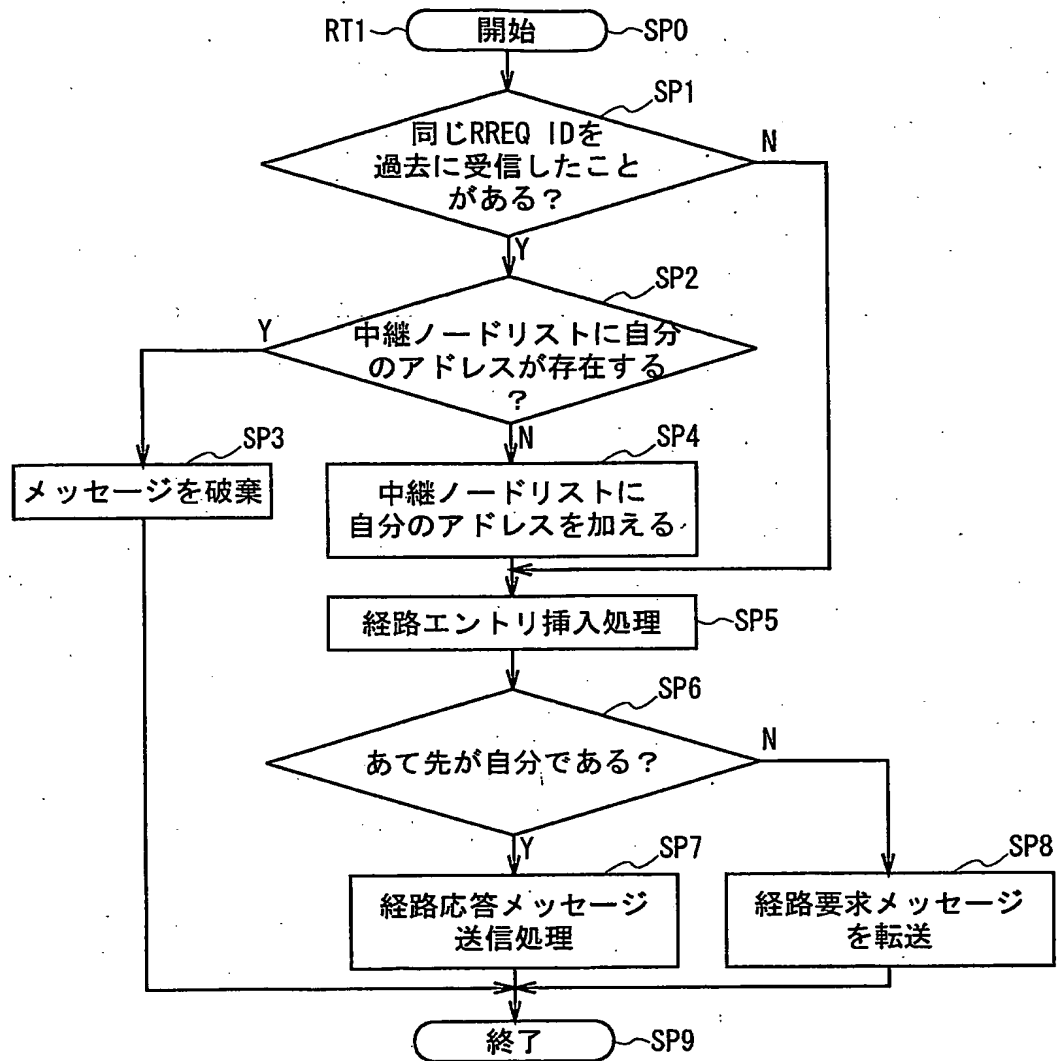


図 4

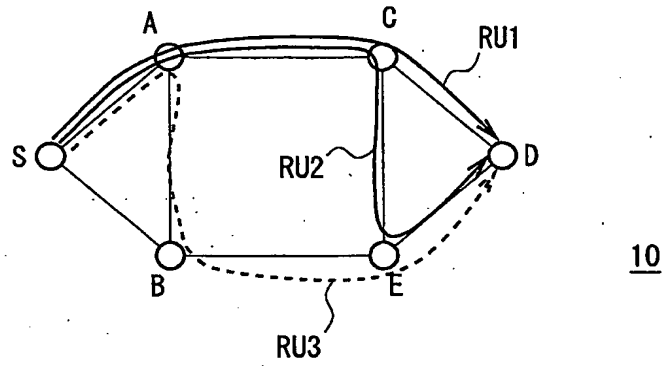


図 5

| Type <sup>71</sup>          | Flag <sup>72</sup> | Reserved <sup>73</sup> | Hop Count <sup>74</sup> |
|-----------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| RREP ID                     |                    |                        |                         |
| Destination Address         |                    |                        |                         |
| Destination Sequence Number |                    |                        |                         |
| Originator Address          |                    |                        |                         |
| Originator Sequence Number  |                    |                        |                         |

23

図 6

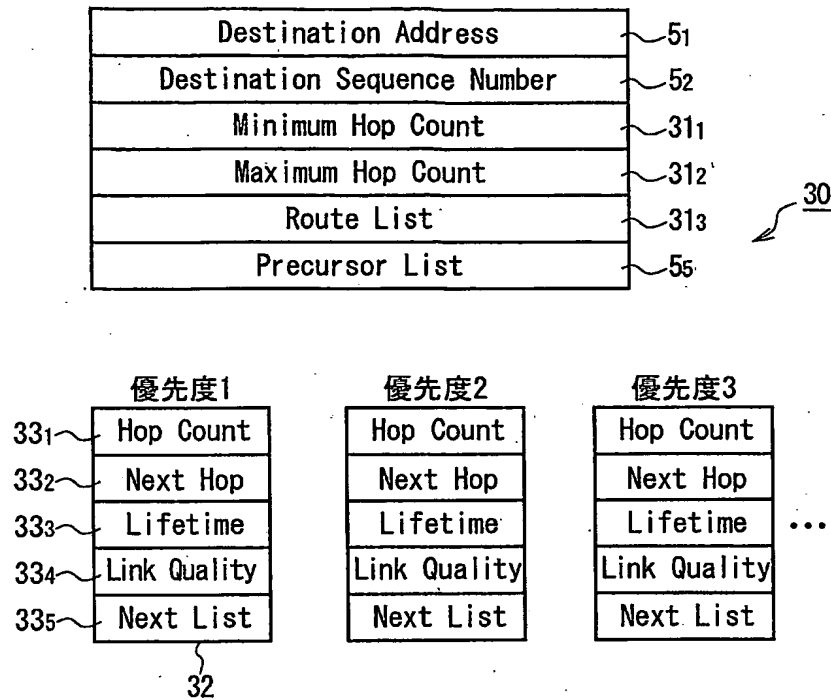


図 7



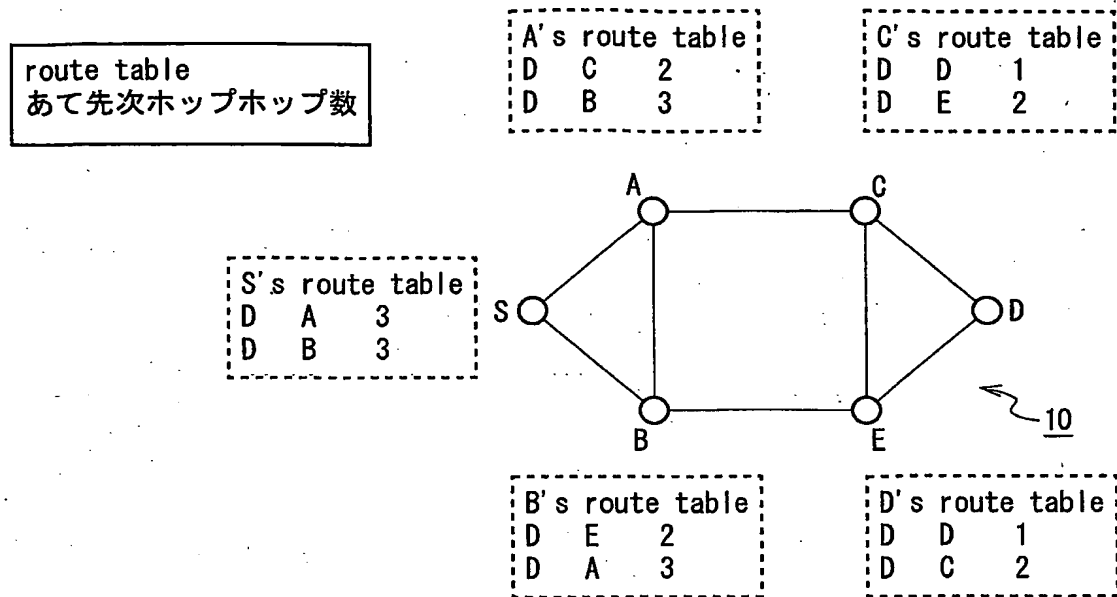


図 1 0

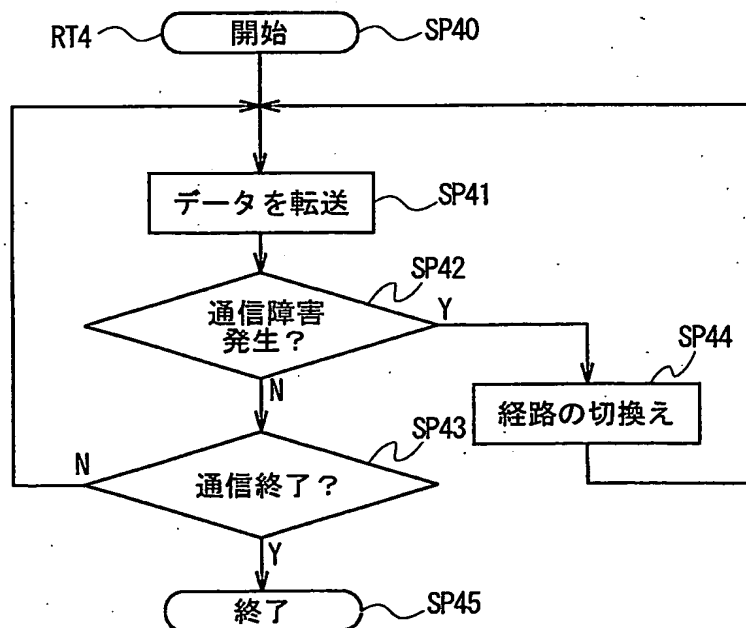


図 1 1

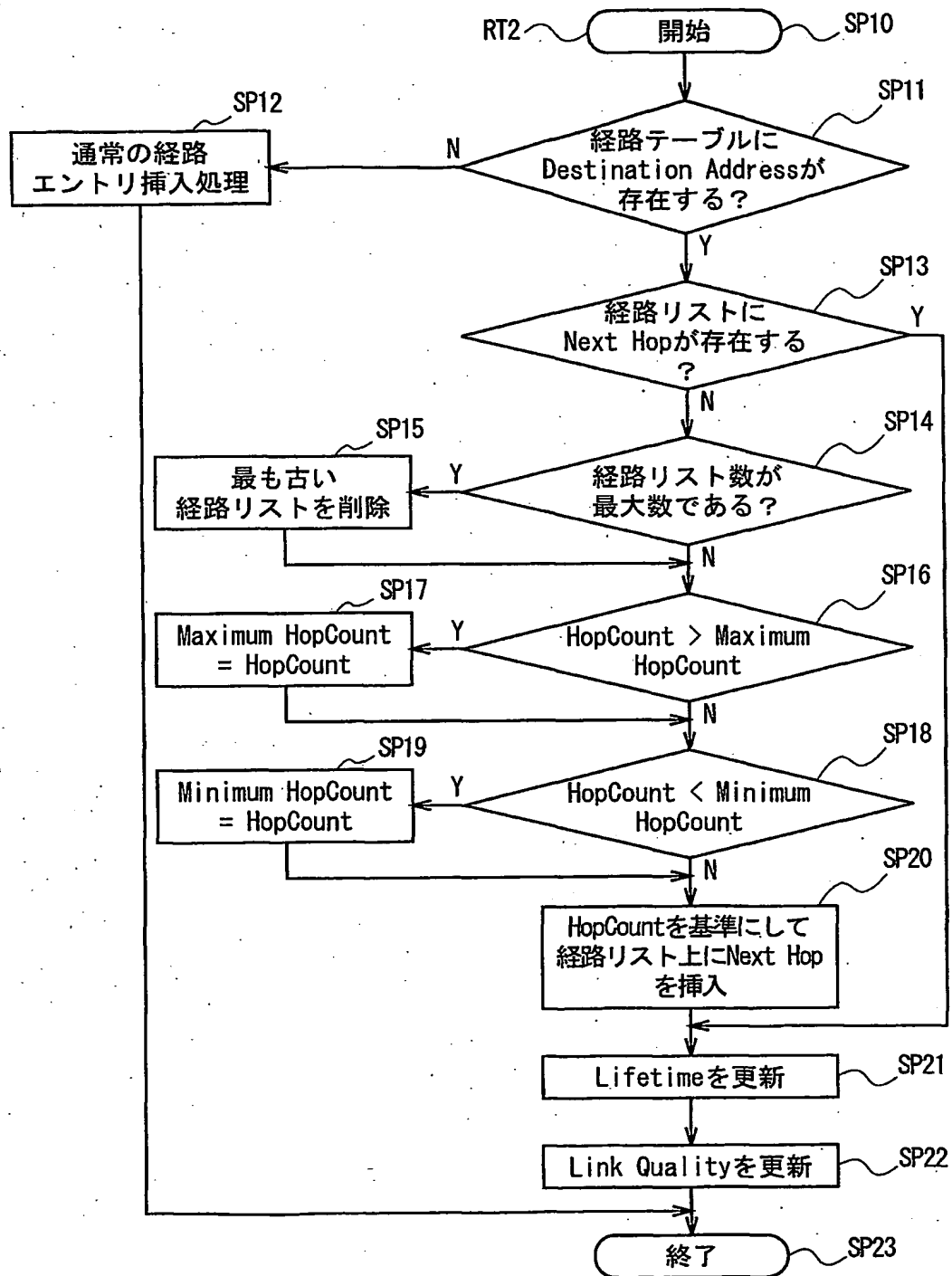


図 8

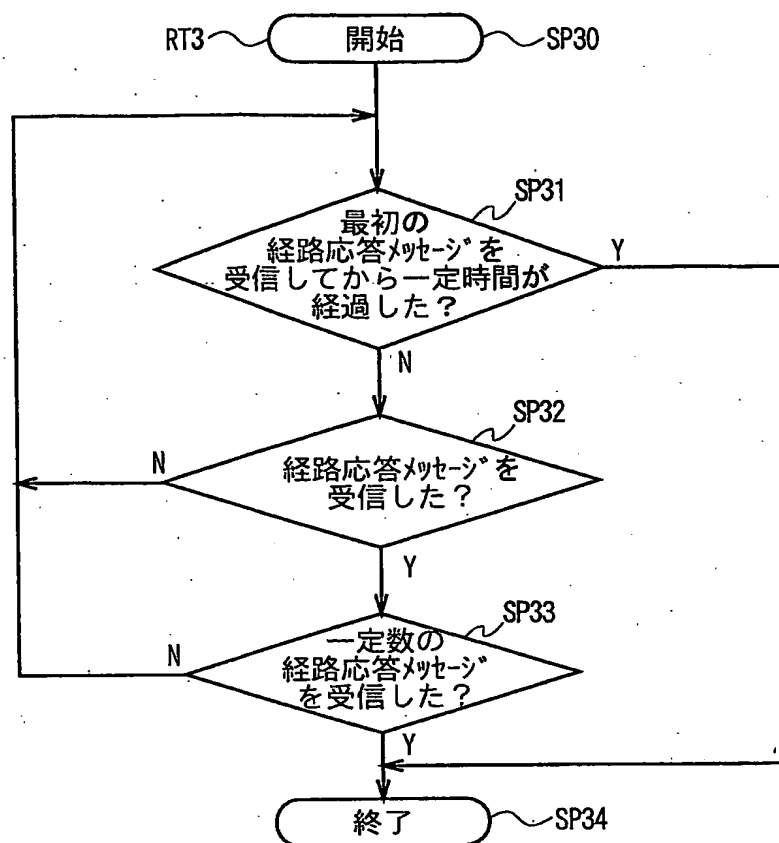


図 9

| Type                     | Flag | Reserved | Hop Count |
|--------------------------|------|----------|-----------|
| Message ID               |      |          |           |
| Destination Address      |      |          |           |
| Originator Address       |      |          |           |
| #1 Required Link Quality |      |          |           |
| #2 Flow ID               |      |          |           |
| #3 Lifetime              |      |          |           |
| #n Requirements          |      |          |           |

40 (50)

図 1 2

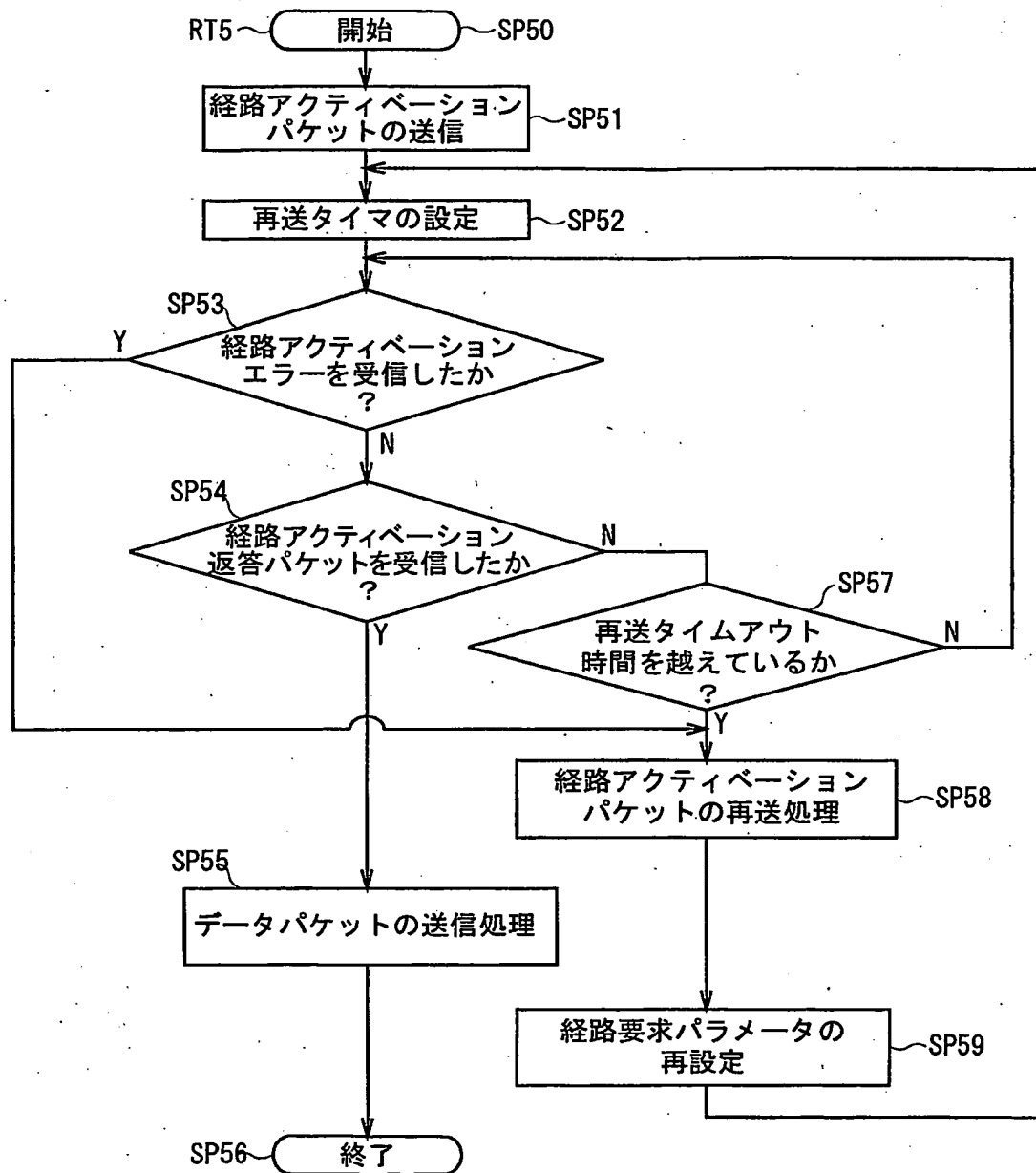


図 13

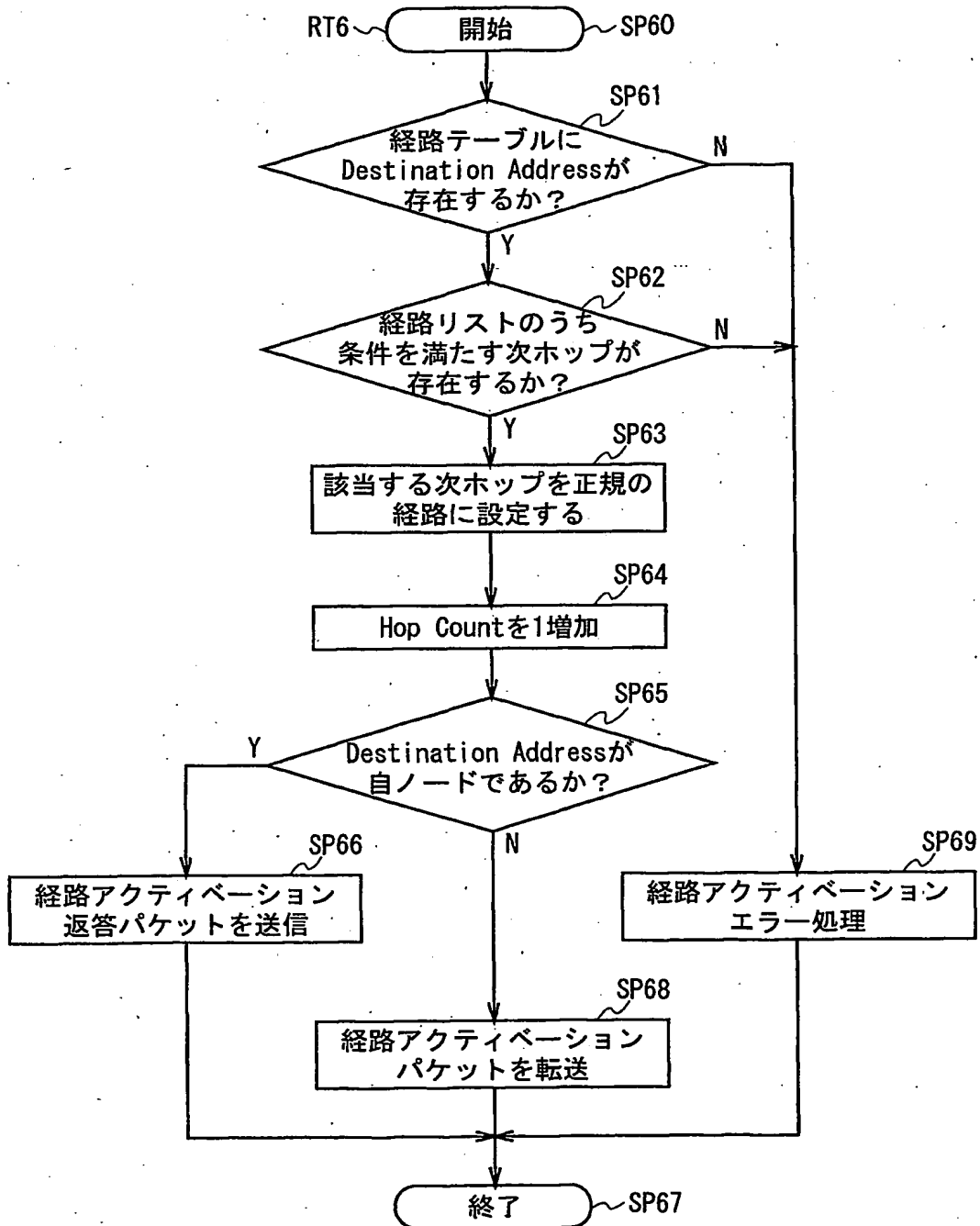


図 1 4

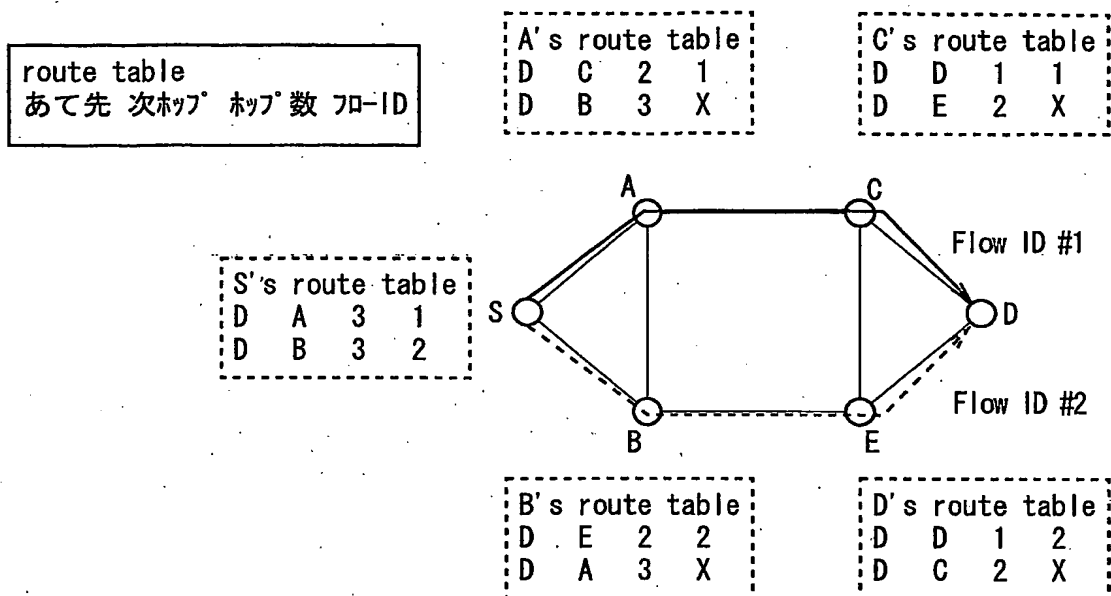
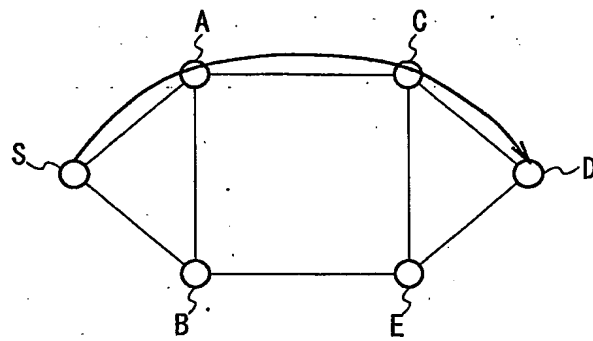


図 15



60

図 16

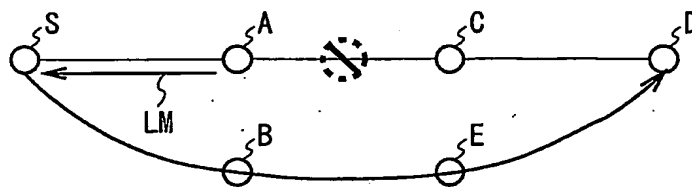


図 17



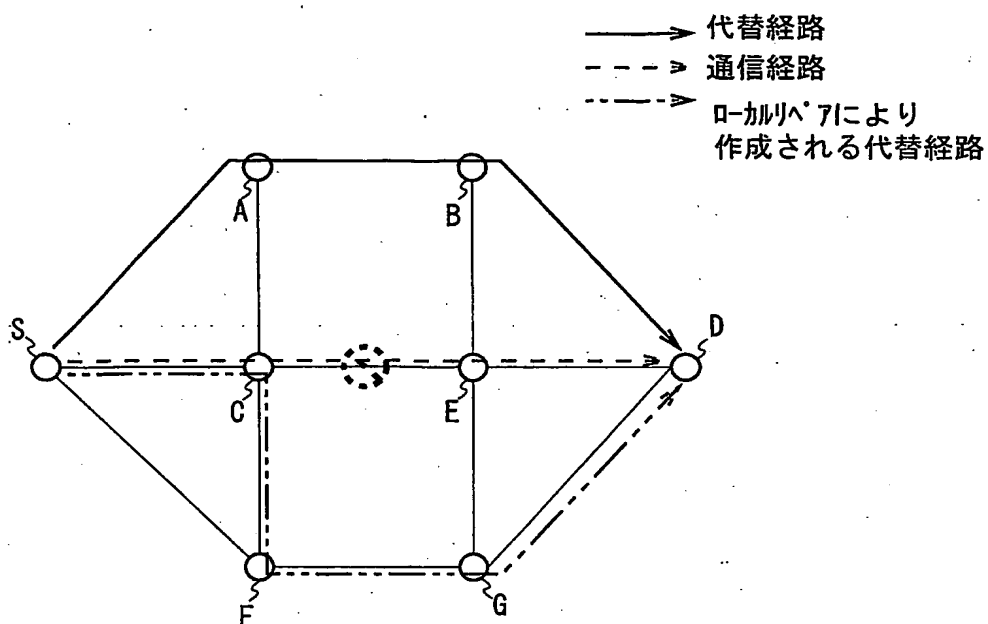


図 1 8

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Message ID          | 701 |
| Originator Address  | 702 |
| Source Address      | 703 |
| Destination Address | 704 |
| Link Quality        | 705 |
| Packet Error Rate   | 706 |
| Route Status        | 707 |
| Comment             | 708 |

図 1 9

LM

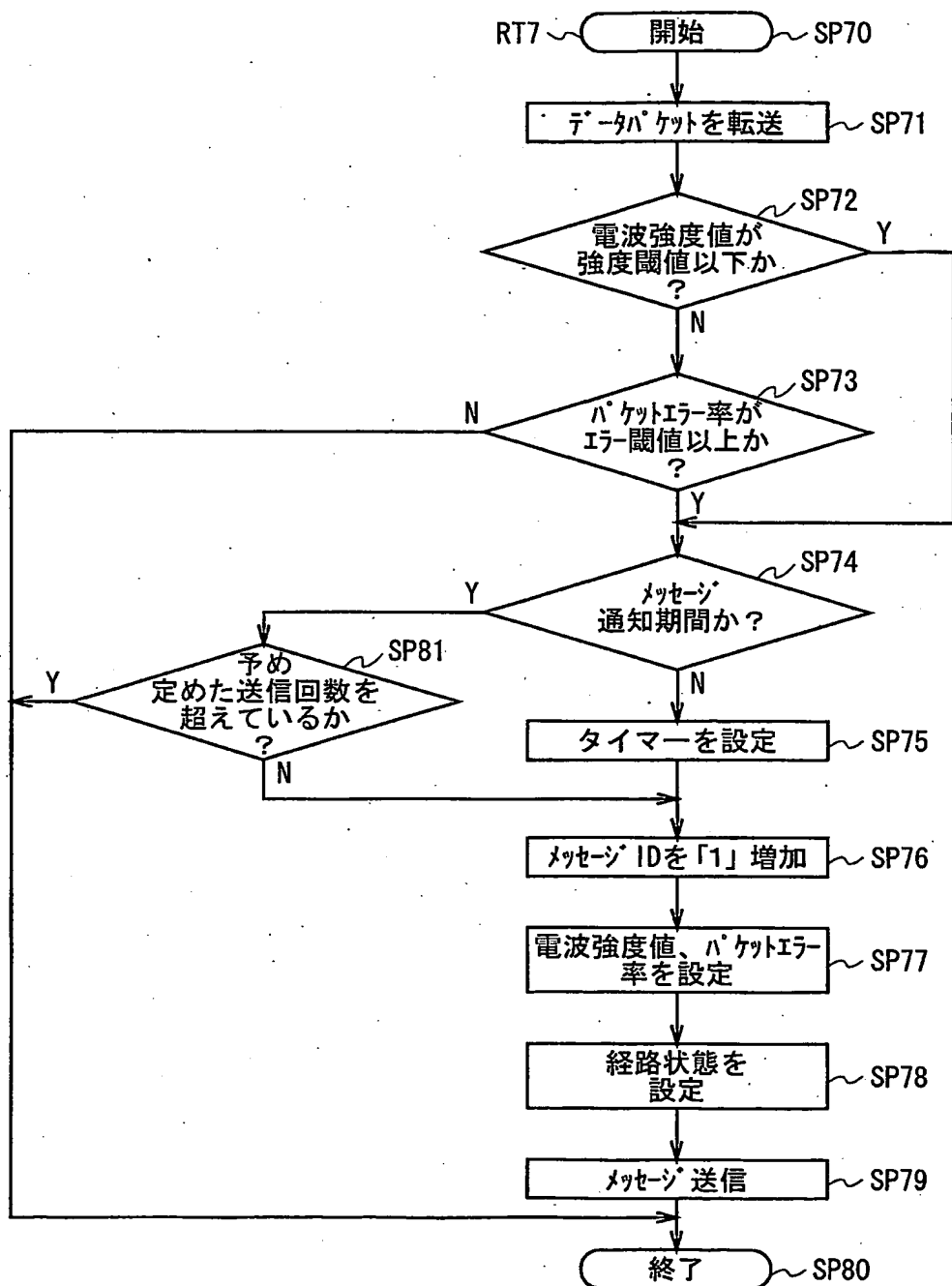


図 20

|                     |                         |            |       |              |            |              |          |
|---------------------|-------------------------|------------|-------|--------------|------------|--------------|----------|
| Destination Address | Originator Address #1   | Message ID | Count | Link Quality | Error Rate | Route Status | Etc. ... |
|                     | Originator Address #2   | Message ID | Count | Link Quality | Error Rate | Route Status | Etc. ... |
|                     | Originator Address #... | Message ID | Count | Link Quality | Error Rate | Route Status | Etc. ... |
|                     | Originator Address #n   | Message ID | Count | Link Quality | Error Rate | Route Status | Etc. ... |
| 721                 |                         | 722        | 723   | 724          | 725        | 726          | 727      |
|                     |                         |            |       |              |            |              | 728      |
|                     |                         |            |       |              |            |              | 71       |

図 2 1

|                             |      |          |           |     |
|-----------------------------|------|----------|-----------|-----|
| 31                          | 32   | 33       | 34        |     |
| Type                        | Flag | Reserved | Hop Count |     |
| RREQ ID                     |      |          |           | 35  |
| Destination Address         |      |          |           | 36  |
| Destination Sequence Number |      |          |           | 37  |
| Originator Address          |      |          |           | 38  |
| Originator Sequence Number  |      |          |           | 39  |
| Required Link Quality       |      |          |           | 741 |
| Required Packet Error Rate  |      |          |           | 742 |

73

図 2 2

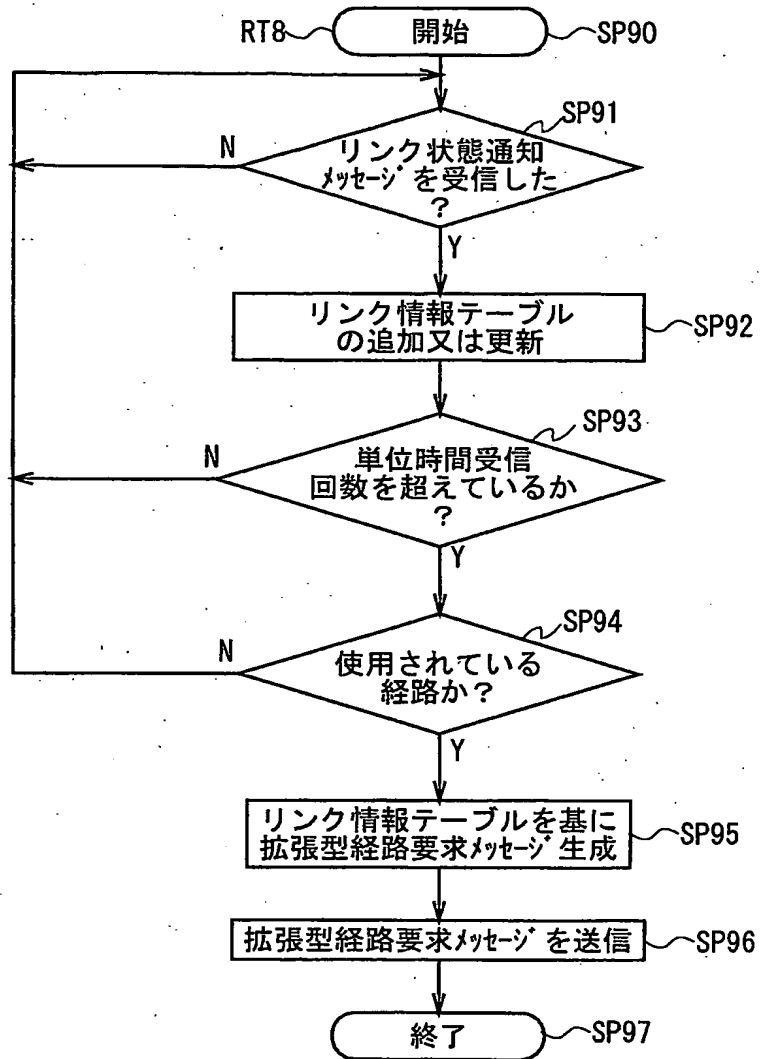


図 2 3

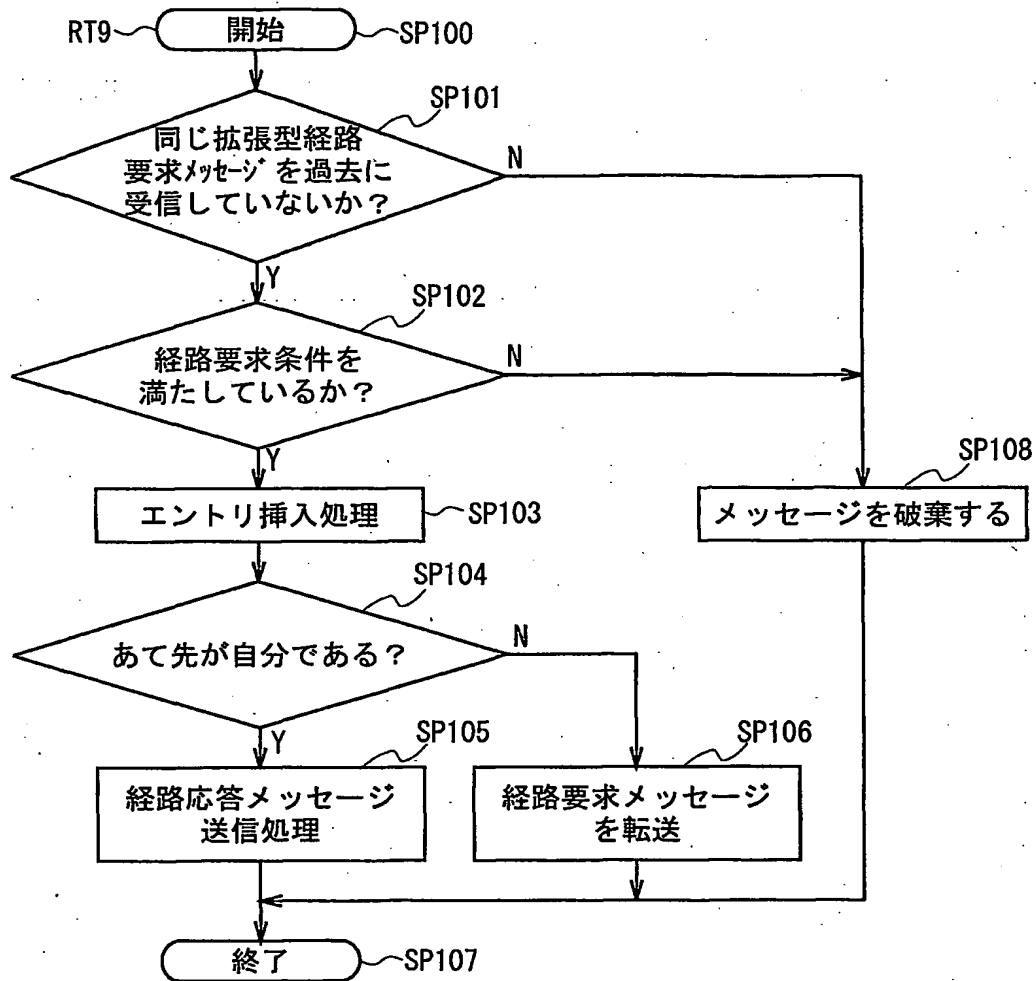
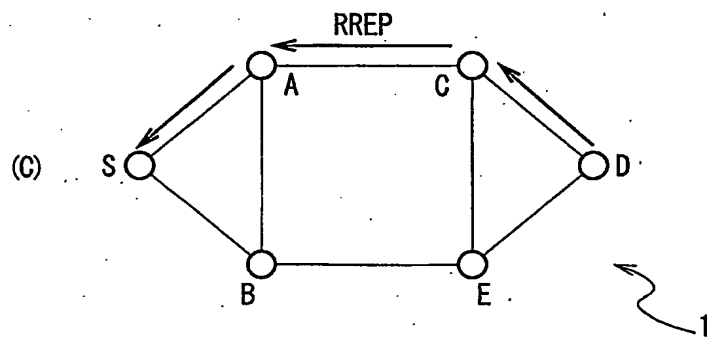
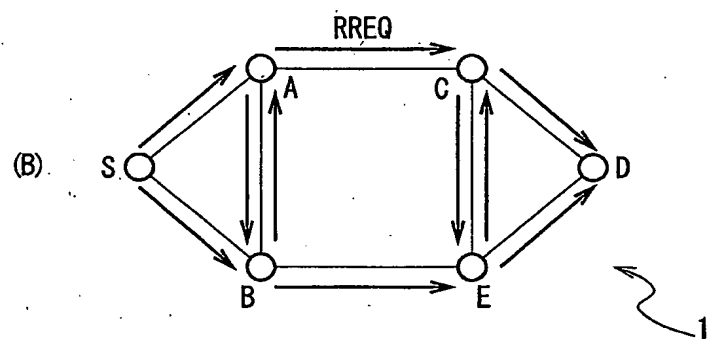
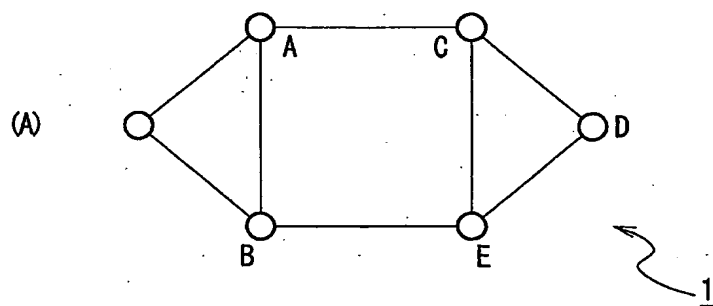


図 2 4



25

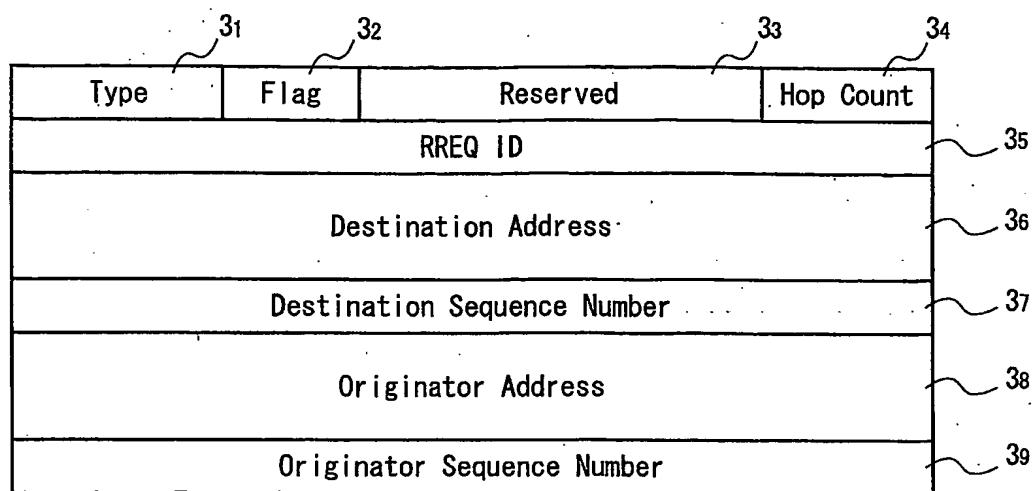
2

図 2 6

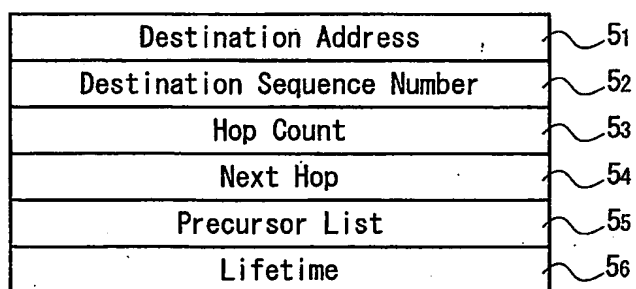
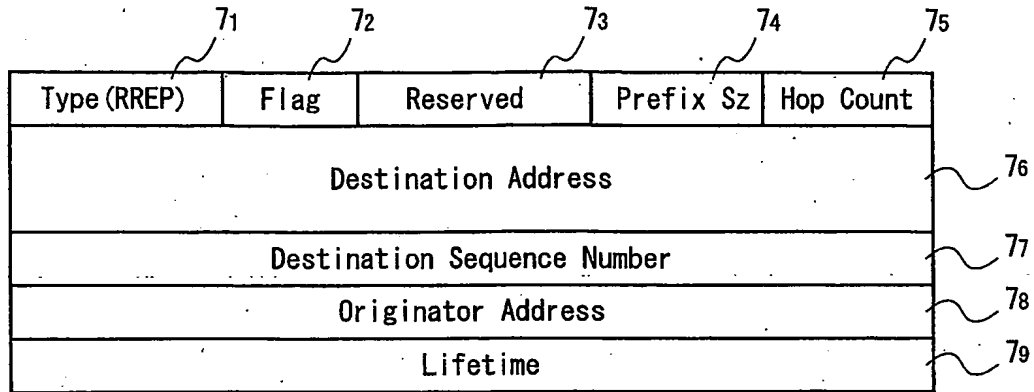
4

図 2 7





6

図 2 8

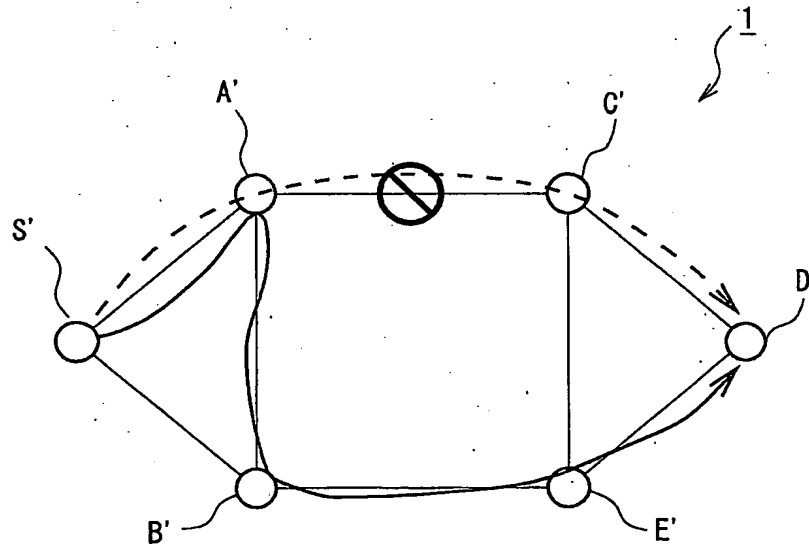


図 2 9

## 符 号 の 説 明

10、60……アドホックネットワークシステム、12……CPU、20……  
経路要求メッセージ、21……中継ノードリスト、23……経路応答メッセージ  
、30……経路テーブル、32……経路リスト、LM……リンク状態通知メッセ  
ージ、71……リンク状態テーブル、73……拡張型経路要求メッセージ

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011651

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H04L12/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H04L12/56

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho(Y1, Y2) 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho(U) 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho(U) 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho(Y2) 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                         | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | JP 3102057 B2 (Omron Corp.),<br>23 October, 2000 (23.10.00),<br>Full text; all drawings<br>& JP 4-341031 A | 1-43                  |
| Y         | JP 2001-136178 A (Hitachi, Ltd.),<br>18 May, 2001 (18.05.01),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none) | 1-43                  |
| Y         | JP 4-369948 A (Mitsubishi Electric Corp.),<br>22 December, 1992 (22.12.92),<br>Abstract<br>(Family: none)  | 1-43                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
09 November, 2004 (09.11.04)

Date of mailing of the international search report  
30 November, 2004 (22.11.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011651

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| Y   | JP 2003-198563 A (NTT Comware Corp.),<br>11 July, 2003 (11.07.03),<br>Abstract; Figs. 1, 8<br>(Family: none)   | 1-43                  |
| Y   | JP 56-140744 A (Nippon Telegraph & Telephone<br>Public Corp., NEC Corp.),<br>04 November, 1981 (04.11.81),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)  | 1-43                  |
| E,X   | JP 2004-23440 A (KDDI Corp.),<br>22 January, 2004 (22.01.04),<br>Full text; all drawings<br>& US 2003/0231585 A1   | 1-18,22-26            |
| E,X   | JP 2004-56787 A (Harris Corp.),<br>19 February, 2004 (19.02.04),<br>Full text; all drawings<br>& US 2003/0202468 A1 & EP 1376939 A2<br>& CN 1474614 A & CN 1474615 A<br>& AU 2003204643 A1         | 1-18,22-26            |
| A   | JP 11-55313 A (Nippon Telegraph And<br>Telephone Corp.),<br>26 February, 1999 (26.02.99),<br>Abstract; Par. No. [0002]<br>(Family: none)   | 1-43                  |
| A   | JP 2003-219472 A (Nippon Terekomu Kabushiki<br>Kaisha),<br>31 July, 2003 (31.07.03),<br>Fig. 2<br>(Family: none)   | 1-43                  |
| A   | JP 2003-258861 A (NEC Corp.),<br>12 September, 2003 (12.09.03),<br>Abstract<br>& US 2003/0161293 A1 & CN 1441582 A   | 1-43                  |
| A   | JP 2003-304280 A (NEC Corp.),<br>24 October, 2003 (24.10.03),<br>Abstract; Par. No. [0004]<br>& US 2003/0193904 A1   | 1-43                  |
| A   | HASEBE et al., 'Fukusu Keiro o Mochiita<br>Antenna Message Haiso no Tameno Adhoc Routing<br>Protocol, Information Processing Society of<br>Japan Kenkyu Hokoku, Vol.2002, No.49,<br>pages 25 to 32 | 1-43                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/011651

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A         | HASEBE et al., 'AODV no Multipass Tansaku heno Kakucho', Multimedia Tsushin to Bunsan Shori Workshop Ronbunshu, Information Processing Society of Japan Symposium Series Vol.2001, No.13, pages 163 to 168 | 1-43                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/011651

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-18, 22-26 relate to creation/setting of communication routes and switching to another route.

The inventions of claims 19-21 relate to a route request for a communication route.

The inventions of claims 27-43 relate to creation of a communication route by detection/notification of a cut-off symptom or cut-off forerunner state of the communication route.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.